



Plan Nacional de
Investigación Científica,
Desarrollo e Innovación
Tecnológica 2004-2007

Volumen II: **Áreas prioritarias**

Áreas
prioritarias

COMISIÓN
INTERMINISTERIAL
DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA

ISBN: 84-96275-00-0



Aprobado por el Consejo de Ministros en su reunión del 7 de noviembre de 2003.

Edita: Ministerio de Ciencia y Tecnología
NIPO: 400-03-021-3
ISBN Obra Completa: 84-7474-991-3
ISBN: 84-7474-990-5
Depósito Legal: M-48619-2003
Realiza: Imagen & Producto

Índice

INTRODUCCIÓN	5
ÁREAS TEMÁTICAS	9
ÁREA DE CIENCIAS DE LA VIDA	11
– PROGRAMA NACIONAL DE BIOMEDICINA	13
– PROGRAMA NACIONAL DE TECNOLOGÍAS PARA LA SALUD Y EL BIENESTAR	39
– PROGRAMA NACIONAL DE BIOTECNOLOGÍA	57
– PROGRAMA NACIONAL DE BIOLOGÍA FUNDAMENTAL	73
ÁREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AGROALIMENTARIAS Y MEDIOAMBIENTALES .	85
– PROGRAMA NACIONAL DE RECURSOS Y TECNOLOGÍAS AGROALIMENTARIAS ...	87
– PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS MEDIOAMBIENTALES ...	107
– PROGRAMA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD, CIENCIAS DE LA TIERRA Y CAMBIO GLOBAL	125
ÁREA DE CIENCIAS DEL ESPACIO, MATEMÁTICAS Y FÍSICA	151
– PROGRAMA NACIONAL DE ESPACIO	153
– PROGRAMA NACIONAL DE ASTRONOMÍA Y ASTROFÍSICA	169
– PROGRAMA NACIONAL DE FÍSICA DE PARTÍCULAS	183
– PROGRAMA NACIONAL DE MATEMÁTICAS	195
– PROGRAMA NACIONAL DE FÍSICA	209
ÁREA DE ENERGÍA	215
– PROGRAMA NACIONAL DE ENERGÍA	217
ÁREA DE QUÍMICA, MATERIALES Y DISEÑO Y PRODUCCIÓN INDUSTRIAL	239
– PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS QUÍMICAS	241
– PROGRAMA NACIONAL DE MATERIALES	261
– PROGRAMA NACIONAL DE DISEÑO Y PRODUCCIÓN INDUSTRIAL	281
ÁREA DE SEGURIDAD Y DEFENSA	305
– PROGRAMA NACIONAL DE SEGURIDAD	307
– PROGRAMA NACIONAL DE DEFENSA	319
ÁREA DE TECNOLOGÍAS DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN	331
– PROGRAMA NACIONAL DE TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA Y DE COMUNICACIONES	333

– PROGRAMA NACIONAL DE TECNOLOGÍAS INFORMÁTICAS	353
– PROGRAMA NACIONAL DE TECNOLOGÍAS DE SERVICIOS DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN	373
– ACCIÓN ESTRATÉGICA DE SEGURIDAD Y CONFIANZA EN LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN, LAS COMUNICACIONES Y LOS SERVICIOS DE LA S.I.	391
ÁREA DE TRANSPORTE Y CONSTRUCCIÓN	395
– PROGRAMA NACIONAL DE MEDIOS DE TRANSPORTE	397
– PROGRAMA NACIONAL DE CONSTRUCCIÓN	427
ÁREA DE HUMANIDADES, CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS	443
– PROGRAMA NACIONAL DE HUMANIDADES	445
– PROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS SOCIALES, ECONÓMICAS Y JURÍDICAS ...	457
ACCIONES ESTRATÉGICAS TRANSVERSALES	471
– ACCIÓN ESTRATÉGICA DE TECNOLOGÍAS TURÍSTICAS	473
– ACCIÓN ESTRATÉGICA DE NANOCIENCIA Y NANOTECNOLOGÍA	477
– ACCIÓN ESTRATÉGICA DE E-CIENCIA	483
ÁREAS HORIZONTALES	487
– PROGRAMA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA ...	489
– PROGRAMA DE POTENCIACIÓN DE RECURSOS HUMANOS	495
– PROGRAMA DE APOYO A LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL	501
– PROGRAMA DE EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA	507
– PROGRAMA DE FOMENTO DE LA CULTURA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA	521
SIGLAS Y ACRÓNIMOS	531

Introducción

La definición de la estructura del Plan Nacional (PN) de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica para el periodo 2004-2007 implica también la identificación de los objetivos científico-tecnológicos que constituyen el eje temático del Plan, es decir, de las áreas prioritarias en las que se desarrollarán las actuaciones de investigación, desarrollo tecnológico e innovación tecnológica, en línea con los objetivos estratégicos del Plan Nacional.

La puesta en marcha de las actuaciones previstas en cada una de las **áreas prioritarias** se realiza por medio de **programas nacionales**. La amplitud temática de los programas puede hacer aconsejable establecer, en su caso, **subprogramas** con estructuras de gestión específicas. Además, los programas pueden incluir **acciones estratégicas** que plantean objetivos específicos a corto o medio plazo y en las que se requiere una conjunción de esfuerzos por parte de los agentes diversos que intervengan.

Para la identificación de las áreas y de los programas que integran el PN se han conjugado distintos tipos de criterios, en función de los cuales se justifica la definición de cada uno de los programas:

- Criterios científicos
- Criterios tecnológicos
- Criterios sectoriales
- Criterios de interés público

En el PN se distinguen dos tipos de áreas prioritarias: **áreas temáticas**, que se refieren a un dominio científico-tecnológico concreto, y **áreas horizontales**, cuyos objetivos y actuaciones afectan horizontalmente a las áreas temáticas.

En virtud de todo ello, se han considerado las siguientes áreas y programas prioritarios en el PN:

ÁREAS TEMÁTICAS

- **ÁREA DE CIENCIAS DE LA VIDA**
 - Programa Nacional de biomedicina
 - Programa Nacional de tecnologías para la salud y el bienestar
 - Programa Nacional de biotecnología
 - Programa Nacional de biología fundamental
- **ÁREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS AGROALIMENTARIAS Y MEDIOAMBIENTALES**
 - Programa Nacional de recursos y tecnologías agroalimentarias
 - Programa Nacional de ciencias y tecnologías medioambientales
 - Programa Nacional de biodiversidad, ciencias de la tierra y cambio global

- **ÁREA DE CIENCIAS DEL ESPACIO, MATEMÁTICAS Y FÍSICA**
 - Programa Nacional de espacio
 - Programa Nacional de astronomía y astrofísica
 - Programa Nacional de física de partículas
 - Programa Nacional de matemáticas
 - Programa Nacional de física
- **ÁREA DE ENERGÍA**
 - Programa Nacional de energía
- **ÁREA DE QUÍMICA, MATERIALES Y DISEÑO Y PRODUCCIÓN INDUSTRIAL**
 - Programa Nacional de ciencias y tecnologías químicas
 - Programa Nacional de materiales
 - Programa Nacional de diseño y producción industrial
- **ÁREA DE SEGURIDAD Y DEFENSA**
 - Programa Nacional de seguridad
 - Programa Nacional de defensa
- **ÁREA DE TECNOLOGÍAS DE LA SOCIEDAD DE LA INFORMACIÓN**
 - Programa Nacional de tecnología electrónica y de comunicaciones
 - Programa Nacional de tecnologías informáticas
 - Programa Nacional de tecnologías de servicios de la sociedad de la información
- **ÁREA DE TRANSPORTE Y CONSTRUCCIÓN**
 - Programa Nacional de medios de transporte
 - Programa Nacional de construcción
- **ÁREA DE HUMANIDADES, CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS**
 - Programa Nacional de humanidades
 - Programa Nacional de ciencias sociales, económicas y jurídicas

ÁREAS HORIZONTALES

- **ÁREA DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL**
 - Programa Nacional de cooperación internacional en ciencia y tecnología
- **ÁREA DE RECURSOS HUMANOS**
 - Programa Nacional de potenciación de los recursos humanos
- **ÁREA DE APOYO A LA COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL**
 - Programa Nacional de apoyo a la competitividad empresarial
- **ÁREA DE EQUIPAMIENTO E INFRAESTRUCTURA**
 - Programa Nacional de equipamiento e infraestructura de investigación científica y tecnológica
- **ÁREA DE FOMENTO DE LA CULTURA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA**
 - Programa Nacional de fomento de la cultura científica y tecnológica

ÁREAS TEMÁTICAS

Área de Ciencias de la vida

Programa Nacional de Biomedicina

1 Ámbito del Programa Nacional

El objeto fundamental de la investigación en salud es profundizar en el conocimiento de los mecanismos moleculares, bioquímicos, celulares, genéticos, fisiopatológicos y epidemiológicos de las enfermedades y problemas de salud, y establecer estrategias para su prevención y tratamiento. La biología, la bioquímica, la biología molecular, la genética y otras disciplinas relacionadas convergen para resolver problemas de salud del ser humano y ampliar el conocimiento sobre su fisiología y desarrollo armónico. Esta área incluye, además, las propias disciplinas clínicas, la investigación en nuevos fármacos y desarrollos terapéuticos, la salud pública y servicios de salud, donde la epidemiología, la sociología y la economía se aplican conjuntamente. La investigación biomédica constituye un instrumento clave para incrementar el bienestar social y mejorar la calidad y expectativa de vida de los ciudadanos.

La viabilidad de la investigación biomédica hay que contemplarla en el seno de un escenario globalizado, altamente competitivo, que requiere abordajes temáticos integrales, capaces de ejecutar programas coordinados de investigación que incluyan grupos de investigación básica, investigación clínica, investigación en salud pública y compañías biotecnológicas, farmacéuticas y de telemedicina. Como ejemplos de este nuevo marco en el que se sitúa la investigación biomédica, la información generada con la secuencia del genoma humano y de otros organismos, y la expansión de las tecnologías para el análisis de proteínas, expresión de genes y sus variantes posibilitan redefinir la organización de los sistemas biológicos y profundizar en los mecanismos implicados en el desarrollo de la enfermedad.

Los conocimientos básicos alcanzados por la medicina genómica abren oportunidades para su traslación en la mejora del diagnóstico y caracterización de los pacientes, y en el planteamiento de nuevas dianas terapéuticas. Otra área de investigación especialmente activa es el reconocimiento de la plasticidad de las células madre para la regeneración y diferenciación, que posibilita su uso en medicina reparadora.

Estos avances en el conocimiento fundamental sólo se traducirán en calidad de vida y en bienestar para las personas cuando puedan ser aplicados para mejorar la prevención, el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades, lo cual supone la necesidad de coordinación de los sectores implicados y los centros de investigación con el sector Industrial.

Ello requiere, entre otras medidas, la creación de centros integrados, que den cabida a un número suficiente de investigadores biomédicos básicos y clínicos.

Para que la investigación desarrollada en el ámbito sanitario y en el contexto del Sistema Nacional de Salud constituya una aportación al avance científico y al progreso de las nuevas tecnologías biomédicas, tenga lugar de manera congruente con los intereses de la sociedad en general y sea relevante para las necesidades y prioridades sanitarias, de manera que se proporcione a los ciudadanos un acceso equitativo a intervenciones y procedimientos eficaces y seguros, la Iniciativa Sectorial en Salud se inscribe en el Programa Nacional de Biomedicina, del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Inno-

vación Tecnológica para el período 2004-2007. A través de esta Iniciativa el Ministerio de Sanidad y Consumo desarrolla la Ley de Calidad y Cohesión del Sistema Nacional de Salud.

De esta forma, los Ministerios de Ciencia y Tecnología, y de Sanidad y Consumo, en virtud de sus competencias y responsabilidades, pretenden afrontar los nuevos retos de la investigación en salud y propiciar la adaptación del sistema de investigación a estos nuevos escenarios.

Los objetivos principales de la investigación biomédica son:

- 1) Profundizar en el conocimiento de los mecanismos moleculares, bioquímicos y celulares implicados en la etiopatogenia de las enfermedades
- 2) Promover la investigación clínica, el desarrollo de nuevas modalidades de diagnóstico y tratamiento, y el estudio de la salud pública y de los sistemas de salud
- 3) Implantar herramientas terapéuticas y diagnósticas racionales, capaces de paliar la patología y la sintomatología asociada.

2 Justificación de la priorización del programa

La investigación biomédica es una actividad necesaria para el éxito de cualquier estrategia que se proponga mejorar la salud de los ciudadanos. La integración de la investigación con la práctica clínica favorece una mayor calidad de los servicios de salud y una mejor y más rápida implantación de los avances científicos en la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades, así como un cuidado más ético y eficiente de los pacientes. Además, las políticas de salud, la organización del sistema, y los servicios de salud pública estarán mejor fundamentados y orientados a responder a las necesidades y demandas de los ciudadanos.

2.1 Criterios de carácter científico o tecnológico:

- Correspondencia con programas similares en otros países, convergencia con otros departamentos y CCAA.

Sobre la base de los activos del sistema español en ciencia, tecnología e innovación, su tradición y experiencia, las capacidades potenciales desarrolladas en los últimos años y la estrategia para ser partícipes del Espacio Europeo de Investigación, se considera que el fomento de la investigación en Biomedicina es una opción de Estado. No es la única opción, pero sí una de las principales, conscientes que la situación y posición de la investigación en España no permite ni aconseja abordar con la misma intensidad la investigación científica en todos los ámbitos del conocimiento.

El Ministerio de Ciencia y Tecnología y el Ministerio de Sanidad y Consumo tienen, sobre la base de sus competencias, una ineludible responsabilidad en esta gran opción política de fomento de la investigación en Biomedicina y Ciencias de la Salud. A ambos Ministerios les corresponde liderar las políticas de actuación sobre la investigación en salud, en estrecha coordinación con los correspondientes departamentos de la administración del Estado, así como en cooperación multilateral con las CCAA y la Comisión Europea. En este sentido, el VI Programa Marco de I+D+I (2003-2007) incluye un Área Temática denominada "Ciencias de la vida, genómica y biotecnología aplicadas a la salud" que comprende también acciones relacionadas con el ámbito de la Biomedicina.

- Existencia de investigación de calidad en España:

En los últimos 15 años, España ha conseguido una masa crítica investigadora en el área de Biomedicina y Ciencias de la Salud, en la que ya destacan algunos grupos de investigación de excelencia, entra-

mado para el que deben ejercerse políticas de crecimiento y consolidación. Nuestro desarrollo actual nos ha permitido pasar de ser meros consumidores de avances, producidos en otros países, a comenzar a estar entre los generadores de conocimientos científicos.

En cuanto a calidad se refiere, es necesaria la puesta en escena de herramientas útiles como es la disposición e implantación de los denominados "Códigos de Buenas Prácticas Científicas", así como el establecimiento de mecanismos que faciliten la prevención de posibles problemas de integridad de la investigación científica.

- Posición estratégica a largo plazo:

España es un país que puede competir en igualdad de condiciones, e incluso con ventaja, con algunos países de nuestro entorno, especialmente en algunos campos de la investigación básica y clínica pero la demostración de esta capacidad exige una atención política preferente. Para esto es esencial conseguir una mejor coordinación entre la industria farmacéutica y biotecnológica, y centros asistenciales y grupos de investigación de calidad acreditada. Este aspecto debe contemplarse bajo tres premisas fundamentales: calidad de la investigación básica y clínica, coordinación entre los grupos de investigación, y una mayor agilidad y flexibilidad en la transferencia y aplicación de los desarrollos tecnológicos y los nuevos abordajes terapéuticos a la práctica clínica.

2.2 Criterios de carácter económico y empresarial:

- Volumen de la actividad en I+D en España

La distribución por campos científicos indica que el 14,3% del gasto en I+D (INE-2001) se dedica a las ciencias médicas, siendo el campo científico que mayor crecimiento porcentual tiene en los últimos años. A su vez, la Industria Farmacéutica lidera, con el 18% sobre el gasto total en I+D, a los restantes sectores industriales de nuestro país.

Además, el 41% de las publicaciones realizadas por autores españoles y el 51% de las citas que han recibido estos trabajos corresponden al ámbito de la Biomedicina y Ciencias de la Salud, lo que fundamenta el potencial de nuestro país en este terreno.

Según datos de la *National Science Foundation* norteamericana, entre 1986 y 1999 la producción científica mundial creció un 14%, con una media de crecimiento anual del 1%. En contraste a estos datos, la producción científica española en Biomedicina y Ciencias de la Salud a lo largo de los últimos veinte años ha crecido a un ritmo medio anual del 12%, (y del 19% en cuanto a citas registradas). En este crecimiento, el protagonismo de la investigación procedente de los centros del Sistema Nacional de Salud ha sido muy notorio, al igual que el de las Universidades y Organismos Públicos de Investigación.

Un aspecto que conviene resaltar es el importante papel que los hospitales y centros asistenciales del Sistema Nacional de Salud desarrollan en el área de investigación biomédica, dado el importante componente clínico de la investigación.

- Grado de dependencia tecnológica

Las empresas farmacéuticas constituyen un sector consolidado en España, mientras que el sector industrial de productos y equipos médicos está aún muy alejado en sus parámetros de producción e I+D, de sus homólogos en los países de la UE, lo que ha generado una situación de alta dependencia con el exterior en lo que se refiere a equipos más complejos y de mayor nivel tecnológico.

La globalización del sector farmacéutico determina una competencia cierta entre los Centros de excelencia distribuidos en los países desarrollados, con frecuentes desplazamientos de la Investigación hacia los lugares más favorables, tanto por el nivel científico o de especialización de tales Centros, como por los incentivos fiscales a la I+D, los menores costes que supone la investigación o la simplificación administrativa que ofrecen tales alternativas.

Por ello, deben potenciarse las iniciativas de carácter público para fomentar la investigación de la industria farmacéutica y biotecnológica en España, con la participación de todos los actores implicados.

- Mejora de la competitividad

La industria farmacéutica radicada en España cuenta con una tecnología de calidad y alto nivel, y habitualmente colabora con equipos de investigación de centros públicos. Este es un sector que, con el respaldo necesario, permitiría un mayor y mejor desarrollo, si se aproximan las necesidades de la industria a las capacidades de investigación de centros y hospitales, y se mejoran los actuales mecanismos para una buena y rápida transferencia de ideas y tecnología entre ambos sectores. Es de destacar, en este sentido, la reciente creación de parques científicos y tecnológicos. Además se debería fomentar el espíritu emprendedor de los investigadores para facilitar la creación de nuevas empresas (*spin-off*, *start-up*, entre otras).

- Existencia de recursos humanos capacitados

El número de investigadores biomédicos en España es aún muy bajo, e inferior al de otros países de la UE. Esta situación, claramente deficitaria, condiciona gravemente el desarrollo potencial de este campo. Además, se da la paradoja que el esfuerzo realizado en los últimos años por las distintas administraciones públicas ha dado lugar a una generación de jóvenes investigadores con un elevado nivel de formación y especialización que, sin embargo, tienen dificultades para incorporarse al mercado laboral.

La inversión en formación de nuevos investigadores y técnicos redundará, en caso de ser bien planificada en todas sus etapas (incluyendo su posible formación y especialización en el extranjero y su incorporación al mercado laboral) en una mejora de la competitividad y en la creación de puestos de trabajo de grado superior y medio relacionados con el área de biomedicina. La incorporación de nuevos investigadores plenamente formados es un aspecto esencial para incrementar y posteriormente mantener el grado de calidad deseable en los resultados de la investigación biomédica.

2.3 Criterios sectoriales

Uno de los aspectos distintivos del Programa Nacional de Biomedicina es su carácter sectorial ligado a la política sanitaria. En este sentido hay que tener en cuenta las actuaciones diseñadas para fomentar la investigación de excelencia en el ámbito del Sistema Nacional de Salud, como es el desarrollo de la Ley de Cohesión y Calidad a través de la Iniciativa Sectorial de Investigación en Salud, que contempla entre sus ejes de actuación las siguientes líneas:

Modernización, fomento de la calidad y competitividad del sistema

- Investigación para la promoción de la salud y la calidad de vida, para una atención a la salud basada en la evidencia, y con un progresivo ajuste hacia las principales patologías de nuestra sociedad; identificando necesidades, problemas y emergencias, reconociendo fortalezas (grupos, infraestructuras) y debilidades; jerarquizando actuaciones según beneficio potencial y viabilidad, además de prestar especial atención a los problemas emergentes y de salud internacional.
- Investigación en salud para la promoción de la competitividad de la industria sanitaria, propiciando un entorno más innovador en los centros sanitarios y contribuyendo al progreso económico y social.
- Medidas y acciones para el fomento de la investigación de transferencia, no solamente la transferencia efectiva de los resultados de las ciencias básicas a la investigación clínica, sino también la del nuevo conocimiento a la práctica clínica y para la toma de decisiones en los servicios sanitarios.

- Intervenciones dirigidas a fomentar una administración más racional y sostenible, que gestiona eficientemente los recursos y que persigue la calidad e integridad en sus actuaciones.

Aumento de la capacidad y de la coordinación del sistema y de su presencia internacional

- Coordinación y ordenación del espacio español de investigación desde una perspectiva estatal –con otros departamentos y CCAA–, e internacional –Espacio Europeo de Investigación–, con fijación de objetivos y establecimiento de medios específicos, pero complementarios y concurrentes. Extensión y cohesión del sistema a través de la vertebración del Instituto de Salud Carlos III, mediante la creación y acreditación de centros e institutos así como el fomento de alianzas institucionales.
- Actualización de infraestructuras y medidas para el fomento racional, coordinado y sostenible de las grandes instalaciones científicas, servicios comunes y científico-técnicos.
- Aumento y actualización de las acciones dirigidas a los recursos humanos, en tanto que eje fundamental del sistema. Se trata de atraer a los jóvenes talentos, favorecer el cambio generacional y, a su vez, desafiar las dificultades y los problemas de motivación de los investigadores clínicos. Plan de crecimiento sobre la base de los mejores activos y las principales prioridades.

2.4 Criterios de interés público: mejora de la calidad de vida y desarrollo sostenible

La atención sanitaria de calidad constituye una demanda social prioritaria. Un instrumento fundamental para conseguirla es la investigación biomédica. El sector de la salud, como consecuencia de la aparición de nuevas enfermedades y tratamientos, la aparición de las necesidades relacionadas con la mayor esperanza y calidad de vida de la población, y la prestación de servicios que todo ello supone, es un área tecnológica en alza, en la que se prevé un fuerte crecimiento en los próximos años.

Además, es preciso tener en cuenta la progresiva emergencia de epidemias globales, para las que se requieren nuevos escenarios de organización, es decir, una adaptación de los sistemas de investigación de los países desarrollados.

A pesar de la mejoría registrada por diversos indicadores de bienestar socioeconómico y sanitario en tiempos recientes, existen todavía muchos problemas no resueltos satisfactoriamente en el área de la biomedicina. Los problemas de salud y enfermedades responsables de gran morbilidad, mortalidad y pérdida potencial de años de vida productivos, o de gran repercusión social y económica deben ser objeto de interés especial y de la dedicación subsiguiente de recursos para investigación.

El Programa Nacional de Biomedicina y la Iniciativa Sectorial de Investigación en Salud que en él se enmarca, aporta un marco de referencia para el establecimiento de un ejercicio ordenado de priorización específico, basado en una metodología participativa y fundamentado en datos objetivos.

A continuación se justifican las áreas seleccionadas como prioritarias:

Cáncer

El cáncer constituye uno de los mayores problemas de salud en el mundo desarrollado y su impacto negativo incide de manera especial en los grupos humanos más desfavorecidos a nivel económico. En nuestro país el cáncer afecta a unos 150.000 españoles anualmente, de los cuales la mitad sobrevivirán a su enfermedad más de cinco años. En términos del riesgo individual, uno de cada tres españoles y una de cada cinco españolas serán diagnosticados de cáncer en un momento de su vida. Finalmente, aunque la supervivencia del cáncer haya mejorado significativamente en nuestro país en los últimos veinte años, es necesario seguir avanzando para mejorar su prevención, diagnóstico y tratamiento tanto en el ámbito de la organización sanitaria como también en el ámbito de la investigación.

Enfermedades cardiovasculares

Las enfermedades cardiovasculares constituyen la primera causa de morbi-mortalidad en España. Los estudios epidemiológicos, de fisiopatología y la biología vascular han contribuido de forma muy significativa a la generación de conocimiento nuevo en biología y biomedicina durante las dos últimas décadas, lo que ha dado lugar a importantes avances. Se han sentado las bases del conocimiento molecular de procesos fisiológicos y fisiopatológicos tales como la regulación del tono vascular, la inflamación o la arteriosclerosis.

La elevada prevalencia de factores de riesgo de cardiopatía isquémica como la hipertensión, la diabetes, el consumo de tabaco o la hipercolesterolemia son en sí mismos argumentos poderosos para la priorización. Es importante señalar asimismo la insuficiencia cardíaca, cuya prevalencia creciente en mayores de 65 años se deriva en parte de la decreciente letalidad por cardiopatía isquémica, que trae como consecuencia su cronificación.

Las necesidades de abordar los problemas de salud cardiovasculares, su origen multifactorial y las estrategias de sinergia de esfuerzos han conducido a la utilización de abordajes multidisciplinares como la mejor aproximación a su estudio.

Enfermedades del sistema nervioso y mentales

La morbi-mortalidad por enfermedades del Sistema Nervioso ha experimentado un gran incremento en los últimos años. Las enfermedades neurodegenerativas, especialmente Alzheimer y Parkinson, son procesos de carácter crónico que presentan una alta prevalencia y ocasionan un elevado grado de incapacidad. Sus repercusiones a nivel humano y los costes económicos y sociales que generan son de enormes dimensiones, e irán creciendo al aumentar el número de individuos afectados como consecuencia del envejecimiento progresivo y rápido de nuestra población.

La patología cerebro-vascular aguda o ictus constituye un problema asistencial complejo y creciente. En la actualidad representan una de las dos primeras causas específicas de mortalidad, pero sobre todo, la primera causa de incapacidad en el adulto y la segunda de demencia; su impacto social está en aumento debido al incremento de edad de la población y al cambio de la forma de vida rural a la urbana. El dolor es la primera causa de búsqueda de ayuda médica, y es un problema social de primera magnitud que tiene repercusiones que trascienden al mundo médico y se extienden al ámbito socioeconómico.

Las enfermedades neuromusculares producen en una elevada proporción de los casos invalidez por debilidad muscular progresiva y crónica y son un problema socio sanitario importante.

Enfermedades infecciosas y SIDA

Las enfermedades infecciosas son la principal causa de morbilidad en países industrializados y de morbi-mortalidad en países en vía de desarrollo, y tienen un enorme impacto económico y social. Además, la emergencia de nuevas enfermedades como el Síndrome Agudo Respiratorio Severo y la reemergencia de otras enfermedades consideradas infrecuentes o controladas en nuestro ámbito suponen un desafío científico, sanitario y social.

Enfermedades genéticas, modelos de enfermedad y terapia

Los genes responsables de las principales enfermedades monogénicas han sido identificados durante los últimos 20 años de investigación genómica, pero existen todavía más de ocho mil rasgos genéticos los que los genes y las mutaciones responsables de enfermedad todavía no han sido identificados. En muchos casos se trata de procesos que afectan a pocos pacientes, en lo que se ha llevado a denominar como "enfermedades raras" (ER). La mayoría de las ER son de origen genético. La identifica-

ción de los genes y mutaciones responsables de estas enfermedades es fundamental para establecer el conocimiento de las bases fisiológicas de muchas vías metabólicas y para avanzar en el desarrollo de nuevas formas de tratamiento, que impliquen no sólo a estas enfermedades si no que se extiendan también a enfermedades comunes que afectan a gran parte de la población.

Mucho más relevantes para la salud pública, desde el punto de vista del número de personas afectadas, son las enfermedades multifactoriales, que son la mayoría de las enfermedades del adulto, incluyendo las enfermedades autoinmunes, cardiovasculares, respiratorias, psiquiátricas, neurodegenerativas y el cáncer, entre otras. En estas enfermedades, una o más variantes genéticas en determinados loci condicionan diferentes grados de susceptibilidad a la enfermedad en cada individuo, modificables también por efectos ambientales. La identificación de dichas variantes genéticas y la relevancia específica de su contribución al desarrollo de la enfermedad es actualmente posible con los recursos genómicos existentes.

Para entender la fisiopatología de las enfermedades es necesario desarrollar modelos a nivel celular o de organismo. El tratamiento de algunas enfermedades precisa de la modificación de genes específicos o de la reprogramación de los perfiles de expresión génica. Es necesaria la producción de vectores virales y no virales para terapia génica y de estrategias basadas en el empleo de oligonucleótidos u otro tipo de interceptores de la expresión génica. Las investigaciones con células madre que se han realizado en el ratón han mostrado que puede producirse la regeneración de tejidos u órganos de un modo eficaz. A medida que se tenga una mayor capacidad para reconducir la diferenciación celular de células madre de la médula ósea y de otros tejidos, será posible plantear su empleo en la regeneración celular en patologías de elevada prevalencia.

El estudio de las enfermedades humanas se ha visto enormemente acelerado con la obtención de la secuencia del genoma humano y de otros organismos de interés biomédico. La aplicación de los nuevos conocimientos a favor de la salud pública requiere de la investigación adicional que aportan los estudios clínicos y de epidemiología para evaluar la interacción entre los factores genéticos y el ambiente en el desarrollo de las enfermedades. El gran reto inmediato de la investigación biomédica será conocer y entender el papel fisiológico y patogénico de cada una de las enfermedades, facilitando la identificación de los mecanismos que las producen, a la vez que abriendo la posibilidad al desarrollo de estrategias terapéuticas.

Enfermedades respiratorias

Las enfermedades respiratorias constituyen un problema social y sanitario de primera magnitud por: su elevada prevalencia; su morbi-mortalidad y el coste asociado; las expectativas de crecimiento futuro; y la interacción con otras enfermedades no respiratorias.

En nuestro país, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) afecta al 9% de la población de más de 40 años, el asma bronquial al 5% de la población y el síndrome de apneas obstructivas durante el sueño (SAOS) al 4% de los varones y al 2% de las mujeres. Otras enfermedades respiratorias importantes, consideradas en otros apartados, incluyen el cáncer de pulmón (el tumor maligno más frecuente en los varones y en aumento en las mujeres) y las infecciones respiratorias como neumonías bacterianas, tuberculosis pulmonar –cada vez más relevante en las sociedades económicamente avanzadas, en relación con grupos marginales y con la inmigración– e infecciones oportunistas en los pacientes con SIDA o post-trasplante.

La EPOC es la única entre las diez primeras causas de enfermedad en el mundo cuya mortalidad en el período 1965 y 1998 aumentó significativamente (+193%). La Organización Mundial de la Salud (OMS) anticipa que en el futuro inmediato (2020) el impacto sanitario de las enfermedades respiratorias aumentará todavía más debido al envejecimiento poblacional y el incremento del hábito tabáquico entre los adolescentes. Por todo ello, la OMS ha incorporado recientemente (año 2001) las enfermedades respiratorias al grupo de enfermedades de atención preferente.

Otras enfermedades crónicas e inflamación

Las enfermedades crónicas, no incluidas en los apartados anteriores, incluyen diversas entidades nosológicas de alta prevalencia, que son causas relevantes de morbi-mortalidad y coste socioeconómico. Entre estos procesos se encuentran enfermedades endocrinas como la diabetes, digestivas como la cirrosis, y osteoarticulares como las enfermedades reumáticas y la osteoporosis. La inflamación constituye el mecanismo patogénico relevante, subyacente a la mayoría de estos procesos.

En los últimos años se han producido avances sustanciales en el conocimiento fundamental de los mecanismos celulares, moleculares y genéticos de la inflamación. Los conocimientos básicos alcanzados por la medicina genómica abren oportunidades para su traslación a mejorar el diagnóstico y caracterización de los pacientes, y a plantear nuevas estrategias terapéuticas. A medida que se identifica la estrecha relación entre determinados genes y enfermedades, es posible definir la evolución y respuesta al tratamiento de subgrupos de pacientes. El conocimiento de las interacciones genético-ambientales ofrece la posibilidad de identificar desencadenantes del inicio o la reactivación de los procesos en huéspedes susceptibles. La viabilidad futura de esta área requiere de abordajes temáticos integrales y de la transferencia rápida y eficaz de resultados desde el laboratorio al diagnóstico y tratamiento de los pacientes y a la industria.

Por otro lado, se han identificado, por su importancia estratégica, tres prioridades que abordan la investigación desde los ámbitos de la investigación en farmacia, en salud pública y servicios de salud, que van más allá en su dinámica que en lo referente a las propias patologías antes nominadas.

Investigación farmacéutica

El tratamiento de las enfermedades requiere el empleo de una amplia batería de fármacos, algunos de los cuales son en la actualidad de eficacia limitada. En la mayoría de los casos, la respuesta de los pacientes al tratamiento es variable. Si bien este efecto es atribuido a factores de heterogeneidad en las causas de las distintas enfermedades, es muy probable que también esté modulado por variaciones en receptores, transportadores y otras moléculas implicadas en la metabolización de fármacos.

La investigación y desarrollo de fármacos eficaces y seguros supone una gran responsabilidad, con una indudable repercusión económica y social, que caracteriza los países desarrollados. Parece evidente que no se debe contemplar la priorización de determinadas terapéuticas, sino la creación y organización de una estructura que permita que los investigadores españoles puedan abordar las distintas fases del descubrimiento y desarrollo de medicamentos.

El actual conocimiento del genoma humano y de las variantes que contiene permite realizar experimentación específica a nivel de moléculas concretas o estudios globales a nivel farmacogenómico para identificar los factores genéticos implicados en la respuesta diferencial a los tratamientos farmacológicos. Este tipo de estudios deben priorizarse al máximo ya que contribuirán a emplear los fármacos de modo más eficaz, reduciendo la aparición de efectos indeseables para los pacientes y facilitando el desarrollo o el establecimiento de tratamientos más especializados para cada enfermedad y enfermo.

Investigación en salud pública

La investigación epidemiológica y en salud pública tiene como objetivo el estudio de la frecuencia, distribución y determinantes de salud de la población, las necesidades de salud, y la evaluación de las intervenciones o medidas que se implanten. Por ello, la investigación en Salud Pública debe obedecer principalmente a las necesidades del Sistema Nacional de Salud, vinculándose de forma explícita a la consecución de cada uno de los objetivos de investigación incluidos en las Estrategias de Salud a nivel estatal.

La investigación en este ámbito incluye el análisis de la relación entre medio ambiente y salud, en especial los efectos que produce la exposición a sustancias tóxicas, la exposición a radiaciones electromagnéticas e ionizantes y la exposición a agentes biológicos, sobre todos los grupos de edad, destacando sus consecuencias sobre la salud infantil.

Igualmente considera el análisis de la relación entre alimentación y salud, desde los nuevos problemas de seguridad alimentaria a la influencia que tienen diferentes patrones dietéticos y las razones que influyen en el cambio de dieta.

La investigación en accidentes y lesiones debe enfocarse de la misma forma como un problema de salud pública.

Por otro lado los aspectos de investigación en salud laboral deben ser abordados desde una perspectiva de aplicación preventiva con el objeto de incrementar y mejorar el conocimiento existente de la relación salud y trabajo, identificar las causas laborales determinantes de la enfermedad y de sus procesos biológicos y por lo tanto establecer procedimientos sensibles y específicos de diagnóstico precoz, tratamiento eficaz de la enfermedad y en su caso de rehabilitación y reinserción.

Investigación en servicios de salud

La principal justificación de la investigación en servicios de salud es ayudar a tomar decisiones sobre los cuidados sanitarios, que se concretarían en mejorar la práctica clínica, el funcionamiento del sistema sanitario -permitir un mejor acceso y proporcionar unos cuidados sanitarios de alta calidad; y proporcionar a las personas implicadas en la toma de decisiones políticas los medios para valorar el impacto que los cambios en el sistema sanitario producen en los resultados, calidad, acceso, coste, y uso de los servicios.

La investigación de servicios sanitarios es un área de investigación multidisciplinaria, básica y aplicada, que examina la utilización, costes, calidad, accesibilidad, prestación, organización, financiación y los resultados de los servicios de atención de salud, con el objetivo de incrementar el conocimiento y la comprensión de la estructura, proceso y resultados de los servicios sanitarios para los individuos y las poblaciones.

Dentro de los objetivos prioritarios de investigación identificados, se buscará el desarrollo de temas de investigación que se refieran a:

- Enfermedades, condiciones, o procedimientos que son frecuentes, de elevado coste, que presentan variaciones inexplicables en la práctica clínica o en los resultados, o en los que se ha demostrado que existen oportunidades para la mejora de la calidad asistencial
- Ciertos grupos o poblaciones de características especiales, que podrían ser minorías, mujeres, niños, ancianos, personas con bajos ingresos, individuos con necesidades peculiares en sus cuidados sanitarios -incluyendo individuos con incapacidades e individuos que necesiten cuidados crónicos o que estén en fases terminales de sus cuidados sanitarios
- Niveles de atención específicos, como la atención primaria y la atención o los cuidados de enfermería.
- Tipos de intervención, como la investigación centrada en los servicios preventivos clínicos y/o en actividades preventivas. En este terreno es importante tener en cuenta el estudio de problemas con consecuencias importantes, como los accidentes.

3 Estructura y objetivos del programa nacional

Una mejor posición de España en el área de biomedicina solo vendrá determinada por la posibilidad de ofrecer líneas de investigación biomédica de alta calidad, globales, multidisciplinarias e integra-

das, con colaboración entre investigadores y equipos básicos y clínicos, próximos a la realidad asistencial y clínica, orientados a la resolución de problemas.

Bajo este prisma, se establecen prioridades en torno a problemas de salud que contemplen una visión amplia, desde las bases moleculares, genéticas y fisiopatológicas hasta las fases clínicas de diagnóstico, tratamiento, aspectos comunitarios y evaluación de servicios sanitarios, preferentemente de aquellos grupos de entidades cuyo interés social y sanitario es más relevante, teniendo en cuenta los estudios de carga de enfermedad. La investigación que hay que potenciar y financiar, independientemente de cualquier otro criterio, debe asegurar su calidad y la capacidad de alcanzar resultados válidos.

Las líneas de investigación se agrupan en torno a tres subprogramas, que deben estar perfectamente coordinados, independientemente de donde se realice su gestión:

- 1) Investigación Básica en mecanismos de enfermedad y nuevas estrategias y modelos terapéuticos.
- 2) Investigación Clínica en enfermedades, ensayos clínicos, epidemiología, salud pública y servicios de salud.
- 3) Investigación Farmacéutica en descubrimiento, desarrollo y evaluación de medicamentos.

A continuación se describen los subprogramas identificados en el Programa Nacional de Biomedicina y las prioridades temáticas incluidas en cada uno de ellos.

SUBPROGRAMA 1: INVESTIGACIÓN BÁSICA EN MECANISMOS DE ENFERMEDAD Y NUEVAS ESTRATEGIAS Y MODELOS TERAPÉUTICOS

Cáncer

- Mecanismos moleculares y celulares en el desarrollo y progresión del cáncer: Biología molecular, celular, estructural, genética y epigenética de procesos tumorales.
- Proteómica y Genómica en cáncer: Desarrollo y análisis de rastreos genómicos y proteómicos masivos para caracterizar procesos tumorales e identificar patrones de utilidad en diagnóstico, pronóstico y tratamiento.
- Modelos animales en cáncer: Explotación de modelos murinos disponibles actualmente para análisis de las bases genéticas y moleculares de la enfermedad, identificación de factores involucrados en la progresión tumoral, identificación de nuevas dianas de potencial terapéutico y ensayos preclínicos. Desarrollo de nuevos modelos alternativos que emulen de manera más apropiada la enfermedad humana y permitan un mejor control de la activación o inactivación génica *in vivo*

Enfermedades cardiovasculares

- Modelos experimentales, celulares y animales de enfermedad cardiovascular.
- Disfunción endotelial como sustrato común de arteriosclerosis, hipertensión y diabetes.
- Arteriosclerosis: modificación de lipoproteínas nativas, mecanismos moleculares del inicio, progresión y establecimiento de la placa de ateroma. Mecanismos de inestabilidad de la placa y formación de trombo.
- Hipertensión esencial: bases genéticas y mecanismos moleculares de su génesis y daño multiorgánico.
- Bases genéticas y moleculares de las miocardiopatías y de las arritmias.
- Regeneración de tejido vascular y miocárdico por células totipotentes.
- Desarrollo de vectores específicos de tejido.

- Investigación genómica y proteómica de la enfermedad cardiovascular que contribuya a la aplicación en cribado poblacional.
- Investigación en biología estructural y bioinformática.
- Desarrollo de bioterapias e ingeniería tisular.

Enfermedades del sistema nervioso y mentales

- Bases celulares, moleculares y genéticas de las enfermedades neurodegenerativas.
- Alteraciones moleculares y celulares en el ictus.
- Bases celulares y moleculares de la regeneración axonal.
- Bases genéticas y moleculares de las epilepsias.
- Enfermedades neuromusculares: bases celulares, moleculares, y genéticas.
- Bases genéticas, celulares y moleculares de la neuroinmunología.
- Mecanismos celulares, moleculares y farmacología del dolor.
- Bases moleculares y genéticas de las alteraciones del desarrollo y evolución del sistema nervioso.
- Trastornos psicóticos: bases genéticas, celulares y moleculares.
- Trastornos del espectro ansioso: bases moleculares, genéticas y farmacológicas.
- Bases genéticas y moleculares de las conductas adictivas y trastornos alimentarios.
- Trastornos afectivos: bases moleculares, genéticas, y farmacológicas.
- Bases moleculares de los componentes dimensionales de la personalidad.
- Modelos animales y celulares para el estudio de enfermedades neurológicas y psiquiátricas.
- Aplicación de las técnicas de neuroimagen en investigación básica en enfermedades neurológicas y psiquiátricas.
- Aislamiento y manipulación de células progenitoras orientadas al análisis e intervención del programa de diferenciación hacia tejido nervioso y muscular; modelos experimentales de trasplantes de células y tejidos. Desarrollo de vectores.

Enfermedades infecciosas y SIDA

- Genómica comparada de microorganismos de especial relevancia para la salud humana.
- Estudio molecular de las interacciones microorganismo-hospedador.
- Determinación de los factores de virulencia.
- Estudio de la respuesta inmune innata y adaptadora frente a los distintos gérmenes.

Enfermedades genéticas, modelos de enfermedad y terapia

- Identificar la función de los genes y las proteínas; la variabilidad de secuencias; la variabilidad de expresión a nivel de RNA y proteína en el desarrollo, a nivel tisular y en situaciones patológicas; la localización subcelular; las interacciones moleculares de las proteínas; y la modulación de la actividad proteica en un contexto de redes interactivas.
- Investigación de los mecanismos moleculares de las enfermedades: regulación del ciclo celular, señalización inter- e intracelular, apoptosis u otro tipo de muerte celular con relevancia en procesos patológicos, diferenciación celular y senescencia, reparación de DNA, y resistencia a fármacos.
- Análisis estructural de macromoléculas y estructuras subcelulares y desarrollo de técnicas de diseño molecular.

- Aislamiento y manipulación de células progenitoras orientadas al análisis e intervención del programa de diferenciación hacia diversos tejidos; modelos experimentales de trasplantes de células y tejidos.
- Desarrollo y caracterización de modelos experimentales (animales y celulares) para el estudio de enfermedades humanas (sobreexpresión, cambio de aminoácidos, *knockouts*, *knockins* y *knock-outs* condicionales).
- Desarrollo de intervenciones terapéuticas en modelos animales in vivo.
- Estudios fisiológicos, farmacológicos, genéticos y moleculares en modelos animales de enfermedad que ya están establecidos.
- Estudio de factores ambientales en modelos de enfermedades humanas.
- Desarrollar vectores virales y no virales de aplicación en terapia génica para la corrección de defectos genéticos o de sus consecuencias a nivel celular, tisular o de organismo.
- Desarrollar tecnología de interferencia de RNA (RNAi) para identificar la función de genes, desarrollar modelos de enfermedad y corrección terapéutica.
- Desarrollar análisis de variantes genéticas implicadas en susceptibilidad a enfermedades comunes humanas y enfermedades genéticas específicas.

Enfermedades respiratorias

- Inflamación y reparación en patología pulmonar.
- Regulación genética de la respuesta inflamatoria.
- Modelos experimentales de enfermedades respiratorias.
- Nanotecnología en patología respiratoria.
- Monitorización no invasiva de la inflamación pulmonar.
- Bases celulares y moleculares de las infecciones respiratorias.
- Efectos sistémicos de las enfermedades respiratorias.
- Biología molecular de la hipoxia. Interacciones con bioenergética celular, estrés oxidativo y regulación de la inflamación.
- Bases celulares y moleculares de la lesión pulmonar aguda.
- Bases genéticas de la adicción tabáquica.
- Determinantes de susceptibilidad para el desarrollo de enfermedades respiratorias.
- Bases celulares y moleculares de los trastornos respiratorios durante el sueño.

Otras enfermedades crónicas e inflamación

- Mecanismos implicados en la activación, control de crecimiento y apoptosis, migración y recirculación de células inflamatorias en modelos experimentales y en enfermedades humanas.
- Mecanismos desencadenantes de lesión tisular inducidos por células inflamatorias. Pautas de reprogramación e inmunomodulación terapéutica.
- Alteraciones producidas en los mecanismos de presentación y de activación tras el reconocimiento de los autoantígenos.
- Mecanismos involucrados en la activación de las respuestas frente a agentes infecciosos y sus implicaciones en procesos inflamatorios crónicos. Caracterización de las alteraciones de las células T reguladoras implicadas en el control de los procesos autoinmunes e infecciosos.

- Mecanismos genéticos, moleculares y celulares de la fibrogénesis. Mecanismos de progresión a cirrosis.
- Mecanismos moleculares y celulares de fracaso en la biocomunicación hormonal: relevancia patogénica y terapéutica. Diabetes mellitus y obesidad: bases genéticas y moleculares.
- Mecanismos del envejecimiento y senescencia celular: implicaciones en la patología.
- Mecanismos celulares y moleculares de daño del tejido óseo. Implicaciones etiopatogénicas y diagnósticas.

Investigación farmacéutica

- Identificación y validación de nuevas dianas con potencial terapéutico.
- Diseño, síntesis y evaluación de potenciales principios activos.
- Desarrollo de modelos celulares y animales de las enfermedades humanas, que permitan la evaluación de la eficacia y seguridad de los medicamentos.
- Estudio del mecanismo de acción, actividad farmacológica y farmacocinética de los fármacos.
- Mecanismos celulares y moleculares implicados en las reacciones adversas de los fármacos.
- Bases genéticas y moleculares responsables de las diferencias interindividuales en la respuesta a los medicamentos.
- Desarrollo de vectores seguros, eficaces y específicos.

SUBPROGRAMA 2: INVESTIGACIÓN CLÍNICA EN ENFERMEDADES, ENSAYOS CLÍNICOS, EPIDEMIOLOGÍA, SALUD PÚBLICA Y SERVICIOS DE SALUD

Cáncer

- Registros de tumores poblacionales: Cuantificación de parámetros relativos a incidencia, mortalidad, supervivencia y prevalencia del cáncer así como las tendencias temporales de dichos parámetros. Utilización de esos datos en planificación y gestión sanitarias en el ámbito asistencial, preventivo, de identificación de grupos de alto riesgo y generación y comprobación de hipótesis etiológicas.
- Análisis Bioinformático y Bioestadístico: Desarrollo y aplicación de metodologías para análisis de datos genómicos/proteómicos y estadísticos, distribución de datos y comunicación Inter. centros, programas de formación online y homogenización de estándares utilizables en técnicas estadísticas e informáticas.
- Epidemiología Etiológica: Análisis de factores causales del cáncer y su prevalencia en la población española; conocimiento de los mecanismos etiopatogénicos y de las interacciones de factores ambientales y genéticos; desarrollo e identificación de biomarcadores de exposición y de marcadores de susceptibilidad tumoral.
- Aplicación de tecnología molecular y celular al análisis de grandes series de pacientes para diagnóstico inicial de mutaciones, confirmación de la remisión clínica (detección de enfermedad mínima residual) y diagnóstico de mutaciones en recaídas.
- Desarrollo y estandarización de las metodologías y protocolos utilizables en epidemiología molecular, diagnóstico y prevención de cáncer familiar y esporádico, caracterización genotípica de susceptibilidad a diferentes tipos de tumores y programas de consejo genético.
- Desarrollo y aplicación de métodos no invasivos de diagnóstico e investigación del cáncer, favoreciendo nuevas tecnologías y bases de datos de Resonancia Magnética (RM) y Tomografía de

Emisión de Positrones (TEP) con repercusión en el diagnóstico, pronóstico y evaluación de la respuesta terapéutica en cáncer humano y modelos animales.

Enfermedades cardiovasculares

- Epidemiología de la cardiopatía isquémica y de los factores de riesgo (y protectores) relacionados con la misma: rasgos diferenciales de la población del sur de Europa.
- Marcadores bioquímicos, genéticos y clínicos de la cardiopatía isquémica.
- Hipertensión esencial: epidemiología, genética y farmacología. Dianas orgánicas del daño por hipertensión.
- Diabetes y enfermedad arterial. Síndrome metabólico y resistencia a la insulina como factores críticos de desarrollo de enfermedad vascular.
- Desarrollo de protocolos diagnósticos no invasivos.

Enfermedades del sistema nervioso y mentales

- Epidemiología, diagnóstico, y farmacología de las enfermedades neurodegenerativas. Enfermedad de Alzheimer y otras demencias. Enfermedad de Parkinson y otros trastornos del movimiento. Tratamiento quirúrgico.
- Enfermedades cerebrovasculares: Epidemiología, diagnóstico, pronóstico, genética, y tratamiento médico-quirúrgico.
- Lesiones traumáticas del sistema nervioso: Aspectos clínicos, fisiopatológicos y tratamiento médico-quirúrgico del traumatismo craneoencefálico y de las lesiones medulares.
- Aspectos clínico-epidemiológicos de las epilepsias. Tratamiento médico-quirúrgico.
- Fisiopatología, diagnóstico, tratamiento y epidemiología de las enfermedades neuromusculares.
- Epidemiología, diagnóstico, pronóstico y farmacología de la esclerosis múltiple.
- Tumores primarios y secundarios del sistema nervioso. Síndromes paraneoplásicos.
- Aspectos clínico-epidemiológicos del retraso mental y de los trastornos del aprendizaje y la comunicación en el niño.
- Epidemiología y diagnóstico de los trastornos psicóticos. Psicopatología. Tratamiento farmacológico y psicoterapéutico.
- Trastornos del espectro ansioso: diagnóstico, epidemiología y tratamiento.
- Aspectos clínico-epidemiológicos de las conductas adictivas.
- Trastornos afectivos: epidemiología, diagnóstico y tratamiento.
- Aspectos clínico-epidemiológicos de los trastornos de la personalidad.
- Epidemiología y clínica de los trastornos conductuales y emocionales.

Enfermedades infecciosas y SIDA

- Desarrollo de técnicas moleculares para diagnóstico rápido microbiológico.
- Realización de ensayos preclínicos y clínicos de eficacia de fármacos y vacunas.
- Monitorización epidemiológica de enfermedades infecciosas y estudio del impacto de enfermedades importadas.
- Desarrollo de tecnologías sanitarias para el control de aquellas enfermedades infecciosas de mayor repercusión en salud pública.

Enfermedades genéticas, modelos de enfermedad y terapia

- Identificar marcadores biológicos para el diagnóstico precoz de enfermedades o de predisposición a las mismas.
- Identificar factores de riesgo culturales, sociológicos y ambientales, y la participación de los mismos en los procesos que conducen a las principales enfermedades multifactoriales.
- Identificar los factores genéticos que determinan la susceptibilidad a fármacos y tóxicos ambientales y desarrollar sistemas automatizados de análisis de variantes genéticas en la población.
- Identificar las variantes genéticas implicadas en la susceptibilidad para el desarrollo de enfermedades multifactoriales.
- Identificar los genes y mecanismos moleculares responsables de enfermedades hereditarias raras.

Enfermedades respiratorias

- Determinantes ambientales de la respuesta inflamatoria pulmonar. Patología laboral.
- Colonización bronquial y respuesta inflamatoria.
- Complicaciones pulmonares en pacientes inmunodeprimidos.
- Epidemiología molecular de la tuberculosis pulmonar.
- Epidemiología molecular y estratificación pronóstica en el cáncer de pulmón.
- Nuevas tecnologías en el diagnóstico del cáncer de pulmón.
- Neumología intervencionista.
- Innovación tecnológica en el diagnóstico, tratamiento y control de las enfermedades respiratorias.
- Ventilación mecánica (invasiva y no invasiva) en patología respiratoria.
- Síndrome de apneas del sueño. Optimización diagnóstica y terapéutica.
- Exacerbaciones de EPOC. Mecanismos, manejo clínico e implicaciones sanitarias.
- Nuevos modelos de atención integral al paciente respiratorio. Atención y hospitalización domiciliarias.
- Tecnologías de la información y comunicación (TIC) y enfermedades respiratorias.
- Fibrosis quística.
- Insuficiencia respiratoria aguda y síndrome de fallo multiorgánico.
- Factores determinantes del progreso de las enfermedades respiratorias crónicas.
- Patología pleural.
- Diagnóstico por la imagen y avances en técnicas de imagen funcional en patología respiratoria.
- Caracterización fenotípica de las enfermedades respiratorias crónicas.
- Profilaxis y prevención de las enfermedades respiratorias.
- Optimización del manejo clínico del trasplante pulmonar.
- Desarrollo, aplicación y evaluación de guías de práctica clínica basadas en la evidencia. Evaluación de la competencia clínica.
- Desarrollo y evaluación de programas de formación para los pacientes con enfermedades pulmonares crónicas.

Otras enfermedades crónicas e inflamación

- Desarrollo de nuevos marcadores biológicos para la estimación del riesgo, el diagnóstico y la valoración pronóstica en estadios subclínicos y clínicos de la enfermedad.

- Desarrollo de modelos para el estudio de las correlaciones entre eficacia biológica y terapéutica. Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías de bioimagen para el estudio de marcadores precoces de enfermedad y de susceptibilidad al tratamiento.
- Trasplante de órganos y tejidos: mecanismos de rechazo y control de la tolerancia del injerto. Control del crecimiento y diferenciación de células madre empleadas en medicina reparativa y en terapia génica.
- Medicina reparativa con células y moduladores de la respuesta biológica para la prevención y recuperación del daño tisular tras inflamación.
- Respuesta del huésped a la agresión quirúrgica. Adaptación del sistema inmune y neuroendocrino a la cirugía. Estrategias de prevención por modificación de la respuesta biológica del huésped.

Investigación farmacéutica

- Ensayos Clínicos controlados en fases I, II y III, con fármacos de interés científico.
- Estudios farmacogenéticos y farmacogenómicos.
- Identificación de los factores genéticos que determinan la susceptibilidad a los fármacos.
- Evaluación de los riesgos y beneficios a largo plazo del uso de fármacos y estrategias terapéuticas.
- Estudios de prevalencia e incidencia de reacciones adversas producidas por fármacos.

Salud pública

- Monitorización del estado de salud, con el fin de identificar los problemas y necesidades sanitarias de las poblaciones, con análisis de las diferencias, en especial aquellas que reflejan desigualdades en la salud.
- Analizar el efecto del entorno social (educación, economía, apoyo social, política y ocupación) en el nivel de salud y establecer los mecanismos etiopatogénicos, examinando su efecto en los estilos de vida y su interacción con el medio ambiente y las características genéticas.
- Analizar la relación entre medio ambiente y salud, en especial los efectos que produce la exposición a sustancias tóxicas (ya sean de producción natural o antropogénicas), la exposición a radiaciones electromagnéticas e ionizantes y la exposición a agentes biológicos, sobre todos los grupos de edad, destacando sus consecuencias sobre la salud infantil.
- Estudiar la relación estilo de vida y salud, en especial los factores que a priori pueden considerarse como modificables, evaluando la repercusión que tiene sobre la salud el cambio en el estilo de vida y la interacción con los factores descritos.
- Analizar la relación entre alimentación y salud, desde los nuevos problemas de seguridad alimentaria a la influencia que tienen diferentes patrones dietéticos (en especial la dieta mediterránea) y las razones que influyen en el cambio de dieta.
- Identificar determinantes genéticos de salud y la interacción que mantienen con los factores descritos en los puntos 2 a 5.
- Evaluar las medidas y actividades de promoción de la salud, en especial los determinantes que facilitan el cambio de conducta y el análisis de políticas públicas no sanitarias dirigidas a la salud..
- Evaluar las medidas y actividades de protección de la salud, con especial atención al establecimiento de la morbi-mortalidad atribuible los fracasos o a la falta de implantación de medidas de protección de salud.

- Desarrollar y evaluar nuevos métodos de investigación, tanto en el campo de la vigilancia, como en la identificación de determinantes de salud y en la evaluación de las medidas de prevención, promoción y protección de la salud.
- Identificación y validación de los procedimientos más eficaces/ade cuados para incorporar a los ciudadanos en las decisiones sobre Salud Pública y evaluación de las intervenciones en salud pública si en su diseño o ejecución participan la ciudadanía.

Investigación en servicios de salud

- Estudios de medición de los resultados de la atención sanitaria, incluyendo el desarrollo y evaluación de herramientas que valoren el estado funcional, la calidad de vida, satisfacción, gravedad y ajuste de riesgo, así como de las estrategias para su uso en la práctica clínica.
- Estudios sobre efectividad y coste efectividad sobre intervenciones clínicas, educativas, organizativas, y otras.
- Estudios de investigación evaluativa sobre tecnologías sanitarias, quirúrgicas o médicas, diagnósticas, terapéuticas u otras, consideradas de interés por el Sistema Nacional de Salud.
- Estudios sobre la mejora de la participación de los pacientes en la toma de decisiones, incluyendo la toma de decisiones informadas.
- Estudios que empleen grandes bases de datos sobre resultados, efectividad, coste, coste efectividad o calidad de los cuidados médicos.
- Estudios de evaluación y mejora de la calidad asistencial, de efectividad de las intervenciones de mejora de calidad, organizativas y otras. Estudios de desarrollo y evaluación de indicadores comparativos de actividad.
- Estudios destinados a identificar, comprender las causas y prevenir errores médicos, y mejorar la seguridad de los pacientes.
- Descripción y evaluación de los efectos de aplicaciones de la tecnología de la información en la mejora de la calidad sanitaria y la provisión de servicios.
- Evaluación de los efectos de guías de práctica clínica, u otras herramientas, basadas en la evidencia en el acceso, utilización, calidad, resultados, y coste.
- Evaluación y comparación de métodos para implementar herramientas basadas en la evidencia científica en diversos ámbitos sanitarios. Investigación metodológica en metaanálisis, análisis de decisiones y coste-efectividad.
- Evaluación de innovaciones organizativas en gestión clínica, en servicios sanitarios, y de medidas de políticas, en el acceso, calidad, resultados y costes de los cuidados sanitarios. Impacto de los grandes cambios en los programas públicos en los costos de los cuidados sanitarios y en la calidad.
- Estudios de utilización de servicios sanitarios, incluyendo: Estudios de variaciones en la práctica médica; de adecuación del uso de recursos; de frecuentación, tendencias, factores asociados, etc.
- Técnicas de identificación precoz de vacíos de conocimiento y predicción de dimensiones estratégicas del desarrollo de los servicios sanitarios.
- Avances metodológicos en herramientas para la investigación de servicios sanitarios.
- Evaluación de los determinantes y de estrategias para mejorar el acceso a los servicios sanitarios. Estudios relacionados con la equidad y bioética.

SUBPROGRAMA 3: INVESTIGACIÓN FARMACÉUTICA EN DESCUBRIMIENTO, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE MEDICAMENTOS

Cáncer

- Desarrollo y evaluación de nuevos agentes farmacológicos antitumorales, con especial énfasis en la selección de agentes activos en estadios iniciales de desarrollo tumoral, la incorporación de tecnologías de apoyo (p. ej., farmacogenómica, proteómica) para el óptimo desarrollo preclínico y clínico de los agentes seleccionados, la individualización del tratamiento farmacológico según factores pronósticos y la vehiculización molecular de fármacos.
- Desarrollo y evaluación de nuevas estrategias farmacológicas, haciendo hincapié en la prevención del desarrollo tumoral y las vacunas terapéuticas.
- Desarrollo y evaluación de estrategias terapéuticas no farmacológicas tales como radioterapia externa y braquiterapia, terapia génica, trasplante de progenitores hemopoyéticos (TPH), terapia celular y cirugía.
- Evaluación clínica prospectiva de las alternativas terapéuticas incluyendo estudios fase II- IV, análisis de coste efectividad, modelos pronósticos en Oncología, y creación de bases de datos de cobertura poblacional para evaluar resultados terapéuticos.

Enfermedades cardiovasculares

- Terapéutica de la insuficiencia cardíaca: nuevas estrategias.
- Desarrollo de nuevos fármacos antiarrítmicos.
- Abordajes terapéuticos no farmacológicos en cardiopatía isquémica y arritmias.
- Farmacología de la hiperlipidemia y obesidad.

Enfermedades del sistema nervioso y mentales

- Investigación farmacológica y terapéutica en Neurociencias.
- Farmacogenómica y farmacogenética en el tratamiento de las enfermedades neurológicas y psiquiátricas.
- Desarrollo de nuevos fármacos en neurofarmacología y psicofarmacología.
- Barrera hematoencefálica y vehiculización.
- Investigación Psicoterapéutica.
- Neuroimagen y evaluación de respuesta terapéutica.

Enfermedades infecciosas y SIDA

- Establecimiento de nuevas dianas de acción de fármacos.
- Estudio de las bases moleculares de la resistencia a fármacos.
- Estudio de los mecanismos de toxicidad de fármacos.
- Desarrollo de vacunas y de moléculas inmunomoduladoras.

Enfermedades genéticas, modelos de enfermedad y terapia

- Aplicar métodos de análisis global de variantes genéticas implicadas en enfermedades.
- Aplicar interferencia de RNA (RNAi) para corrección terapéutica.
- Aplicación de vectores virales y no virales para la corrección de enfermedades.

Enfermedades respiratorias

- Modulación farmacológica de la respuesta inflamatoria / inmune.
- Optimización terapéutica en enfermedades respiratorias crónicas.
- Desarrollo de nuevas alternativas terapéuticas para el tratamiento del tabaquismo.
- Nuevas estrategias terapéuticas (no antibióticas) en neumonías.
- Nuevas alternativas en el tratamiento de la hipertensión pulmonar.
- Tratamiento no farmacológico de las enfermedades respiratorias crónicas.
- Terapia génica en patología respiratoria.
- Nuevos métodos de preservación de órganos para trasplante.
- Nuevos tratamientos en el cáncer de pulmón.
- Nuevas estrategias terapéuticas en la tuberculosis.

Otras enfermedades crónicas e inflamación

- Aplicaciones traslacionales de los avances del conocimiento en inflamación: estudios piloto de nuevas modalidades y estrategias terapéuticas. Pruebas de concepto de nuevas indicaciones de fármacos.
- Investigación farmacológica y terapéutica en enfermedades crónicas y en inflamación. Farmacogenómica y farmacogenética en el tratamiento de las enfermedades crónicas y en la modulación de los procesos inflamatorios.

Investigación farmacéutica

- Nuevas formas farmacéuticas de medicamentos.
- Nuevas formas de vehiculización de principios activos.
- Diseño de dispositivos para la administración de principios activos.
- Aplicación de las tecnologías de miniaturización y robotización a las actividades de evaluación de potenciales medicamentos (*screening*).
- Generación de conocimientos básicos y clínicos que faciliten el desarrollo de la industria farmacéutica.

Investigación en servicios de salud

- Seguridad relativa, efectividad y coste efectividad de los tratamientos farmacéuticos o combinaciones así como comparaciones con otras opciones terapéuticas, y relación entre las decisiones sobre prescripción, servicios farmacéuticos, uso de las drogas prescritas, y resultados en los pacientes.
- Evaluación de sistemas de control de gasto farmacéutico, y de uso apropiado de fármacos.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

Con el objeto de situar la investigación Biomédica española a nivel de competitividad internacional es necesario disponer de servicios generales especializados que sean unidades de referencia tecnológica para diversos centros de investigación. Deberían priorizarse un número reducido de centros de recursos científicos y desarrollo tecnológico evitando redundancias en determinadas áreas científicas.

En muchos casos se trata de identificar bajo criterios de excelencia científica los grupos e infraestructuras existentes y establecer entre ellos una coordinación adecuada. En otros casos será necesario crear nuevas infraestructuras en los lugares en los que exista suficiente masa crítica de investigadores de demostrada solvencia científica en un área priorizada y con capacidad demostrada para su liderazgo y gestión. En todos los casos la positiva evaluación e información de científicos de experiencia y acreditación demostrada en el área debe ser un filtro determinante de la actuación.

Las actuaciones que se ejerzan en este ámbito por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, el Ministerio de Sanidad y Consumo, y la Fundación para el desarrollo de la Investigación en Genómica y Proteómica estarán coordinadas.

A su vez, cualquier política de grandes instalaciones científicas y de infraestructuras para la investigación en salud debe tener en consideración aquellos intereses de la industria sanitaria radicada en España que realiza investigación, desarrollo e innovación, de forma que estamos ante otra oportunidad para el establecimiento de consorcios de investigación entre el sector público y el privado. Estas acciones pueden atraer nuevas inversiones en el campo de investigación biomédica en España, potenciando, entre otros, el modelo de Parques Científicos ya existente.

4.1 Genotipación Molecular

Se considera prioritaria la creación de centros y/o redes con alta capacidad para la genotipación molecular. Los objetivos de estos centros serían el análisis de variantes de secuencia única (SNPs, *single nucleotide polymorphisms*) a gran escala; los estudios de ligamiento genético de alta densidad y de heterocigosidad mediante microsatélites y polimorfismos *in/del*; el análisis de variabilidad genómica de duplicaciones segmentarias y de copias de genes; los estudios globales de la variabilidad genotípica en enfermedades monogénicas y multifactoriales; la determinación de factores de susceptibilidad genética o lugares de riesgo cuantitativo (QTL) en el genoma humano; los estudios globales de variabilidad del genoma en modelos animales de especial interés biomédico (ratón y rata); los estudios farmacogenéticos y farmacogenómicos; y el desarrollo de bancos de líneas celulares y de DNA de poblaciones controles de referencia y de enfermedades humanas de herencia monogénica y multifactorial.

4.2 Genómica y Proteómica

Se considera prioritario mantener centros y/o redes con alta capacidad para análisis genómicos y proteómicos, especialmente para los estudios de macro y *microarrays* de DNA y de proteínas. Deberían existir centros que dispongan de las colecciones completas de clones de cDNAs, BACs, PACs, YACs, humanos y de organismos de interés biomédico, a la vez que distintos anticuerpos y colecciones de secuencias de interés para el conjunto de la comunidad biomédica. Estos centros deben ser capaces de distribuir material biológico para los distintos investigadores en el ámbito de la biomedicina.

4.3 Bioinformática

Se considera necesario apoyar la Red de Centros de Bioinformática que recientemente se ha desarrollado con el apoyo de la Fundación Genoma España. Se trata de incrementar la capacidad bioinformática de los distintos grupos de investigación y cubrir necesidades, como el mantenimiento de bases de datos para la investigación genómica y proteómica, el desarrollo y mantenimiento de paquetes de programas integrados para análisis de secuencias, estudio de perfiles de expresión, y análisis de macro y *microarrays*; el soporte especializado sobre análisis computacional de biosecuencias; y el soporte de telemedicina con especial énfasis a las áreas de más rápido desarrollo científico.

4.4 Modelos de Enfermedades

Si bien los principales centros de investigación biomédica deben disponer de instalaciones que permitan los estudios de modelos animales de enfermedades humanas, es deseable que existan otros centros que aporten recursos materiales y personales altamente especializados que faciliten este tipo de investigación. Estos centros dispondrán de medios y personal especializados para generación y producción de ratones transgénicos, *knockouts*, *knockins* y *knockouts* condicionales, microinyección de DNA y de células ES (*embryonic system cells*); estudios funcionales mediante tecnología de interferencia de RNA (RNAi) en modelos animales de mamíferos para aplicaciones clínicas; identificación de nuevas dianas de enfermedad empleando RNAi en modelos animales y desarrollo de nuevos modelos de enfermedad basados en la aplicación de RNAi; caracterización general del fenotipo y estudios conductuales especializados; mantenimiento y producción de líneas transgénicas y otros modelos murinos de enfermedades humanas, banco de esperma y embriones de ratón; y desarrollo de bases de datos de modelos murinos de enfermedades humanas.

4.5 Bancos de Tejidos y Líneas Celulares

Se considera necesario la creación y mantenimiento de colecciones de muestras de tejidos normales y patológicos, a la vez que de líneas celulares de enfermedades y población general control, recogidas en condiciones óptimas que permitan: estudios prospectivos y aplicación de todas las nuevas tecnologías de análisis; la consolidación de los bancos de tumores existentes, estabilizando los recursos humanos necesarios y las infraestructuras básicas de mantenimiento y gestión; el desarrollo de metodologías de control de calidad del material almacenado; y la promoción de actividades, metodologías y recursos que permitan la coordinación entre bancos y faciliten la distribución y acceso de información y muestras a los grupos de investigación.

4.6 Centros de análisis de imagen

Existe un enorme potencial de la imagen en la investigación y desarrollo de fármacos para el tratamiento de las enfermedades. Las técnicas de imagen funcional permiten avanzar en el conocimiento de la estructura, la función y la bioquímica, a nivel fisiológico y patológico, tanto en humanos como en modelos experimentales de enfermedades en rata y ratón, para los que se están realizando estudios a nivel molecular, bioquímico y celular. Las técnicas de SPECT (*Single Photon Emission Computed Tomography*) y PET (*Positron Emission Tomography*) permiten este tipo de estudios y deben implementarse en centros de investigación estratégicos en el ámbito de la biomedicina. Se deben implementar bases de datos a nivel de análisis de imagen que integren la información molecular, bioquímica y celular de la fisiología y patología de distintas enfermedades.

4.7 Terapia génica y celular

La dotación de centros de recursos en terapia génica y celular facilitará la transferencia de conocimientos de la investigación básica a la práctica clínica. Estos centros deberían realizar las siguientes funciones: mantenimiento y conservación de vectores y líneas de interés para terapia génica; producción de vectores a gran escala de acuerdo con normas GMP; pruebas de seguridad biológica para vectores y líneas celulares; desarrollo y aplicación de vectores no virales para terapia génica; desarrollo de estrategias de terapia de enfermedades mediante interferencia de RNA (RNAi); y desarrollo e investigación de terapias basadas en el empleo de células madre.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa nacional

Es necesario que las políticas de investigación en Biomedicina se basen en las necesidades de salud y a su vez que las políticas de salud se basen en los resultados de la investigación. La integración de la investigación con la práctica clínica garantiza una mayor calidad de los servicios de salud y una mejor y más rápida implantación de los avances científicos en la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades, y un cuidado más ético y eficiente de los pacientes.

Estratégicamente los objetivos organizativos en esta área deben orientarse a:

- Considerar la investigación de excelencia como un todo, desde sus aspectos más básicos a los más poblacionales;
- Promover y fomentar la investigación traslacional, orientando la investigación básica a la práctica clínica y a la demanda industrial.
- Considerar la investigación desde los Centros del Sistema Nacional de Salud (Hospitales, Atención Primaria y otras instituciones sanitarias) como un producto fundamental de su actividad.
- Los Centros del Sistema Nacional de Salud (Hospitales, Atención Primaria y otras instituciones sanitarias) deben ser considerados como Centros de Investigación, siempre que cuenten con la suficiente masa crítica y sitúen la investigación biomédica como una prioridad.
- Fomentar una cultura de alianzas entre diferentes Centros, Administraciones y sectores industriales, con el fin de compartir objetivos de investigación, infraestructuras científicas e incrementar la masa crítica.

Para ello se resaltan las siguientes acciones concretas:

- Promoción de **Institutos de Investigación Biomédica** como asociaciones de centros de investigación, multidisciplinares y multiinstitucionales, con el fin de desarrollar e integrar armónicamente la investigación básica, clínica y de salud pública como un todo, potenciando la investigación traslacional con una mejor transferencia de los avances científicos obtenidos en la prevención y tratamiento de los problemas de salud más prevalentes en nuestro país. Esta integración de los distintos tipos de investigación permitirá acortar el intervalo transcurrido entre la producción de un nuevo conocimiento (eficacia) y su transferencia y aplicabilidad real (efectividad y eficiencia) en la práctica médica.
- Consolidar el modelo de **redes temáticas de investigación cooperativa**.
- Promover instrumentos de financiación para las líneas de **grupos de investigación consolidados**.
- Fomentar de la **movilidad** de los investigadores.
- Regulación y desarrollo de una **carrera profesional** en el Sistema Nacional de Salud.
- Potenciación de la **evaluación postfinanciación**.

Asimismo, como desarrollo de la Ley de Cohesión y Calidad, para concentrar la investigación en los objetivos previstos en la Iniciativa Sectorial de Investigación en Salud y fomentar la investigación de excelencia, en el ámbito del Sistema Nacional de Salud se promoverán:

• Grupos de investigación

Considerados como conjuntos de científicos que se reúnen y trabajan en una línea y con objetivos comunes, bajo la dirección de un jefe de grupo. Se pretende dar una especial atención a los grupos consolidados y con proyección, para que su actividad alcance el mayor nivel de excelencia posible.

Los logros alcanzados por grupos y centros muy determinados merecen el establecimiento de medidas de consolidación que aseguren su continuidad y progreso y, a su vez, faciliten su actuación como plataformas de cooperación científica internacional, concretamente ante los programas de investigación patrocinados con fondos de la Unión Europea, en el contexto del VI Programa Marco.

Los grupos emergentes también contarán con apoyo específico, los formados por líderes jóvenes que comienzan su andadura y a los que debe facilitarse un futuro prometedor.

• Redes Temáticas de investigación cooperativa

El Instituto de Salud Carlos III fomentará el establecimiento de redes de investigación cooperativa, multidisciplinarias e interinstitucionales, formadas por los centros o grupos de investigación acreditados. Es su responsabilidad el seguir promoviendo estas redes de cooperación entre grupos, en tanto que estructuras transversales de vertebración y cohesión del sistema.

Se promoverá la integración de las redes con centros de investigación del Sistema Nacional de Salud e institutos para facilitar la transferencia de la investigación a la práctica clínica, así como para una mejor y más rápida implantación de los avances científicos en la prevención, diagnóstico y tratamiento de las enfermedades.

• Centros e Institutos de investigación biomédica

El objetivo es introducir nuevas estrategias para propiciar e incentivar la política de concentración de esfuerzos, en espacios donde se garantice y estimule la formación y en los que se reúnan las condiciones para adquirir una adecuada masa crítica y un entorno competitivo a nivel internacional. En este sentido la Ley de Cohesión y Calidad del Sistema Nacional de Salud, en su capítulo IV, prevé la acreditación de institutos y de centros de investigación del Sistema Nacional de Salud, como asociados o de referencia.

Por otra parte, el Sistema Nacional de Salud colaborará con otras instituciones y organizaciones implicadas en la investigación a través de la configuración de Institutos de Investigación Sanitaria, mediante la asociación de centros de investigación, multidisciplinarios y multiinstitucionales, potenciando la transferencia de los avances científicos obtenidos a la prevención y tratamiento de los problemas de salud.

Asimismo es necesario que se establezcan acciones dirigidas a aumentar la calidad de la tarea investigadora y a prevenir problemas de integridad. La Ley de Cohesión y Calidad del Sistema Nacional de Salud establece de forma explícita la voluntad de promover la calidad y la integridad de la investigación, una medida dirigida a preservar los derechos, la salud y la seguridad de los pacientes en la investigación.

5.1 Recursos humanos

La disponibilidad de recursos humanos altamente capacitados es fundamental para el desarrollo de un sistema sanitario capaz de responder al avance de las nuevas tecnologías y conocimiento científico. La formación adecuada de los profesionales de las ciencias de la salud, tanto predoctoral como posdoctoral, condiciona el desarrollo futuro de la investigación biomédica y de la calidad de la práctica clínica. Los objetivos de este programa son :

- Atraer a los jóvenes, potenciando la carrera de jóvenes investigadores en general, con la formación de médicos científicos en particular.
- Incrementar la masa crítica de investigadores.
- Optimizar los recursos tecnológicos compartidos a través de la incorporación de técnicos de apoyo a la investigación.

- Establecer la figura de investigador en el Sistema Nacional de Salud.
- Estimular la incorporación a la investigación de profesionales del Sistema Nacional de Salud.
- Promover la formación de gestores de centros de investigación y de unidades de apoyo a la investigación en centros sanitarios.

Programa de formación posdoctoral en investigación biomédica

Este programa encaminado al perfeccionamiento científico de doctores vendría a cubrir el tramo de la carrera profesional de investigador biomédico existente entre la lectura de la tesis doctoral y la adquisición de la trayectoria suficiente para poder optar a un contrato de investigación a través de los programas Ramón y Cajal o del Instituto de Salud Carlos III, entre otros. Estas estancias siempre deben de realizarse en el contexto de grupos de demostrada solvencia científica y distintos de aquellos donde se realizó la Tesis doctoral.

Regulación y desarrollo de la figura de Investigador en la biomedicina

La relación entre el profesional sanitario y la investigación es absolutamente decisiva, ya que es el fundamento de cualquier quehacer asistencial basado en las directrices del método científico.

Se debe establecer una figura plenamente dedicada a la investigación, cuyo trabajo se evalúe por resultados de investigación. Esta figura de investigador contratado, debe estar completamente definida y diferenciada de cualquier otra y tener la flexibilidad e incentivos necesarios (entre ellos, el poder complementar la retribución del investigador en función de proyectos de investigación). Igualmente se debe facilitar, a través de los criterios de homologación correspondientes, la movilidad de los investigadores.

En desarrollo de la Ley de Cohesión y Calidad, se requieren las siguientes acciones concretas:

Programa de formación en investigación dirigido a profesionales sanitarios que hayan finalizado el período de Formación Sanitaria Especializada

La formación sanitaria especializada (FSE) ha alcanzado cotas elevadas de calidad como proceso formativo de excelencia para la práctica asistencial, pero adolece de defectos importantes como el déficit de formación en investigación, que puede hipotecar a largo plazo el futuro de nuestro sistema asistencial. El programa post-FSE tiene como objetivo fundamental proporcionar educación y entrenamiento en las habilidades necesarias para llevar a buen término investigación biomédica de calidad.

Incorporación de investigadores al Sistema Nacional de Salud

La carrera de investigador biomédico, además de su indudable componente vocacional, debe ser capaz de atraer a los más brillantes estudiantes con unas condiciones suficientes de retribución y de trabajo y unas perspectivas razonables de integración estable en el sistema en función del esfuerzo y del mérito.

En los últimos años se han producido algunas iniciativas muy positivas, que merecen ser consolidadas y mejoradas. Un aspecto importante de mejora sería el acreditar los centros receptores de los candidatos, poniendo énfasis en la necesidad de un plan de integración del candidato donde exista el compromiso de proveer la infraestructura de espacio y laboratorio necesario para realizar la tarea investigadora.

Para incorporar profesionales sanitarios a la investigación se actuará en una doble vía: Por la carrera profesional en el Sistema Nacional de Salud donde se evalúen los méritos relacionados con la investigación para el acceso a los distintos grados en que se articule y a través de tiempo retribuido, fórmulas que afecten a los profesionales sanitarios que realizan tareas asistenciales, de docencia e investigación de calidad.

Técnicos de Apoyo a la Investigación

El área de biomedicina carece de suficiente personal de apoyo técnico a la investigación independientemente de su nivel académico (técnicos FP, diplomados, licenciados e incluso doctores). Los avances instrumentales y el coste de la alta tecnología han propiciado que cada vez sea más necesaria la existencia de técnicos de apoyo a la investigación que sean los encargados de optimizar los recursos tecnológicos compartidos por parte de diferentes grupos de investigación. Esta noción de recursos humanos de investigación compartidos también se extiende a otros técnicos de apoyo centralizados como son los veterinarios en los estabularios, o los epidemiólogos, informáticos y bioestadísticos en las unidades clínico-epidemiológicas de apoyo técnico a la investigación y de los servicios científico-técnicos.

5.2 Cooperación internacional

La cooperación internacional en investigación biomédica debe consistir fundamentalmente en estimular la presencia y participación activa de España en los programas de I+D en biomedicina desarrollados en el VI Programa Marco de la UE.

Asimismo, debe potenciarse la colaboración con Instituciones Iberoamericanas de reconocida solvencia, así como la colaboración con aquellas instituciones internacionales, como el laboratorio europeo de biología molecular y la EMBO, a las que España pertenece, realizando una colaboración más intensa, y promoviendo el desarrollo de colaboración de genómica entre España y laboratorios internacionales que desarrollan actividades en esta área de investigación.

Por otro lado el Foro Global para la Investigación en Salud, estableció en el año 1998 la necesidad de corregir el lapso (*gap*) 10/90 en Investigación Sanitaria (el 10% de los fondos de investigación se dedican a enfermedades que provocan el 90% de la carga global de enfermedad). Por ello, se debe realizar un esfuerzo a través de la cooperación internacional, en relación con las enfermedades que representan la mayor carga de enfermedad a nivel mundial y que se encuentran en su mayor parte relacionadas con la pobreza.

5.3 Apoyo a la competitividad empresarial

Para que exista una mayor inversión del sector privado en I+D son necesarias medidas estructurales y complementarias. Se trata de contribuir tanto a la competitividad de la I+D radicada en España de la industria sanitaria, como a una mayor implicación del sistema de español de investigación en los desarrollos de la industria sanitaria multinacional.

El objetivo es involucrar a toda la industria sanitaria existente en España, no sólo la farmacéutica en cuanto a acciones de I+D se refiere. A su vez dentro del Sistema Nacional de Salud también deben introducirse aquellas medidas de relación con la industria que tradicionalmente se aplican en el entorno de las universidades y los organismos públicos de investigación. En efecto, el Sistema Nacional de Salud es un ámbito donde también procede reforzar los instrumentos de transferencia de tecnología (OTRI) así como promover el apoyo a personas con capacidad de convertirse en emprendedores. El Sistema Nacional de Salud también debe ser considerado como un entorno propicio para la creación de nuevas oportunidades empresariales ("spin-off"), todo lo cual necesita acciones para la introducción de una nueva cultura de innovación en el Sistema Nacional de Salud.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

Deben buscarse los mejores sistemas para trasladar la información adecuada sobre los avances biomédicos a nivel de la población general y la comunidad de pacientes y sus familiares, así como para aumentar la confianza del público en la investigación biomédica. La concienciación de la sociedad de las

reales ventajas sanitarias y económico-sociales que comporta la investigación de calidad resulta esencial para el propio desarrollo de la misma y debe ser una corresponsabilidad de los investigadores e Instituciones públicas y privadas.

Los sistemas de información telemáticos deben desarrollarse de forma adecuada, ya que constituirán una herramienta de primera magnitud en la transferencia de los resultados de la investigación a la sociedad. Gran parte de este trabajo debe realizarse de la mano de las asociaciones de pacientes y familiares, buscando la forma de avanzar en el conocimiento, difusión y bienestar de los pacientes.

6 Relación con otros programas y otras áreas

El área temática de Biomedicina tiene relación directa con distintos objetivos de los programas de Biotecnología, Biología fundamental y Tecnologías para la Salud y el Bienestar.

Igualmente se relaciona con aspectos específicos de los siguientes Programas:

- Programa de Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas: economía de la salud.
- Programa de Ciencias y Tecnologías Químicas: investigación farmacéutica.
- Programa Nacional de Materiales: bio-materiales.
- Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias: nutrición, alimentación y salud, zoonosis.
- Programa Nacional de Tecnologías de Servicios de la Sociedad de la Información: e-salud.
- Programa Nacional de Tecnologías Informáticas: telemedicina, bioinformática.

Programa Nacional de Tecnologías para la salud y el bienestar

1 Ámbito del Programa Nacional

El concepto de tecnologías para la salud y el bienestar incluye aquellas que contemplan los aspectos preventivos, curativos, y de apoyo para permitir la participación de los ciudadanos en la sociedad del bienestar.

Las condiciones de salud, las condiciones para la inclusión social de personas con discapacidad y mayores, y las condiciones de seguridad y salud en el trabajo, se ven afectadas, cada vez en mayor manera, por desarrollos y avances tecnológicos, con repercusiones sociales, económicas y empresariales. Las necesidades de investigación, desarrollo e innovación, implican la atención flexible a la diversidad de circunstancias en los ámbitos, sanitarios, sociales y de seguridad y salud en el trabajo, que garanticen niveles sostenibles de calidad de vida para todos los grupos de población, y sirvan para enfrentarse a los nuevos retos que nuestra sociedad presenta para actuales y futuras generaciones. La focalización en diferentes grupos de población: infancia, adolescencia, juventud, mayores; la atención al género, a la discapacidad, a la familia, a los estilos de vida, debe permitir un acercamiento más adecuado de estas tecnologías a las diferentes necesidades y expectativas. La diversidad de circunstancias, cambiantes a lo largo de la vida, exige unas tecnologías sanitarias, de apoyo y de seguridad y salud en el trabajo, que posibiliten y faciliten a todas las personas su desarrollo individual y social, en beneficio de toda la colectividad.

Dada la especificidad, complejidad y diversidad de disciplinas científicas y tecnológicas, el programa nacional incluye tres subprogramas nacionales:

- Subprograma nacional de "Tecnologías de apoyo a las personas con discapacidad y personas mayores".
- Subprograma nacional de "Tecnologías sanitarias e investigación en productos sanitarios".
- Subprograma nacional de "Seguridad y salud en el trabajo".

Los agentes previsiblemente implicados son:

- Los usuarios finales que, genéricamente, son la totalidad de la población y sus asociaciones.
- Los profesionales y sus asociaciones que intervienen en las diferentes fases, tanto en las de prevención, como en las de tratamiento o apoyo a la participación.
- Los centros de I+D+I, Universidades y sociedades científicas.
- Las empresas fabricantes y de servicios, y sus asociaciones, que se constituyen en la oferta de los ámbitos e incluyen aspectos relacionados con la fabricación, distribución, venta y suministro de productos y servicios.
- Las Administraciones Públicas e Instituciones de carácter público y privado, que desempeñan un papel fundamental en estos ámbitos, en aspectos relacionados con la investigación, la regulación,

la evaluación, la acreditación, la mejora de la competitividad, la adquisición y dispensación de servicios/productos y la definición de políticas laborales, sociales y sanitarias.

Son agentes implicados en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo, además, los siguientes:

- El conjunto del tejido empresarial y población trabajadora.
- Las asociaciones empresariales y sindicales.
- Los servicios de Prevención de Riesgos Laborales propios de las empresas o externos.
- Las Mutuas de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales.

1.1 Subprograma nacional de tecnologías de apoyo a las personas con discapacidad y personas mayores

El concepto global de tecnologías al servicio de las personas con discapacidad y de las personas mayores es evidentemente muy amplio y se relaciona, de una manera genérica, con todo lo que supone innovación al servicio de la integración y la normalización sociales, autonomía personal, independencia, salud y calidad de vida de las personas con discapacidad (alrededor de tres millones y medio de personas en España) y, en su caso, sus cuidadores, y de las personas mayores (cerca de siete millones de españoles tienen más de 65 años).

En este contexto, la investigación científica, el desarrollo e innovación tecnológica (I+D+I) se erigen en instrumentos fundamentales no sólo para la mejora en términos absolutos del bienestar y la plena participación sociales y de la calidad de vida de las personas con discapacidad y de las personas mayores, sino también para optimizar los beneficios sociales que se derivan de los recursos que se utilizan con este propósito. Al mismo tiempo, el desarrollo de tecnologías propias al servicio de las personas con discapacidad y de las personas mayores y su explotación en el mercado interior y exterior permiten, en términos de balanza comercial, aquilatar los beneficios sociales y económicos que se desprenden de las actividades de I+D+I.

Asimismo, los principios y criterios, de acuerdo a los cuales deben desarrollarse las tecnologías al servicio de las personas con discapacidad y personas mayores, como la accesibilidad universal o el diseño para todos, pueden irradiar transversalmente las demás Áreas Temáticas y Programas de la totalidad del Plan.

Atendiendo a la norma UNE-EN ISO 9999, las ayudas técnicas para personas con discapacidad se clasifican en:

- Ayudas para el tratamiento y el entrenamiento.
- Mobiliario y adaptaciones del hogar y otros edificios.
- Ortesis y exoprótesis.
- Ayudas para la comunicación, información y señalización.
- Ayudas técnicas para la movilidad.
- Ayudas para la manipulación de productos y mercancías.
- Ayudas para la protección y el cuidado personal.
- Ayudas y equipamiento para la mejora del entorno, herramientas y máquinas.
- Ayudas para las tareas domésticas.
- Ayudas para el ocio y el tiempo libre.

1.2 Subprograma nacional de tecnologías sanitarias e investigación en productos sanitarios

De acuerdo con la definición de Producto Sanitario de la Directiva Europea de Productos Sanitarios 93/42/CEE (RD 414/1996), se incluye "Cualquier instrumento, dispositivo, equipo, material u otro artícu-

lo, utilizado solo o en combinación, incluidos los programas informáticos que intervengan en su buen funcionamiento, destinado por el fabricante a ser utilizado en seres humanos con fines de:

- Diagnóstico, prevención, control, tratamiento o alivio de una enfermedad.
- Diagnóstico, control, tratamiento, alivio o compensación de una lesión o de una deficiencia.
- Investigación, sustitución o modificación de la anatomía o de un proceso fisiológico.
- Regulación de la contracepción.

Y que no ejerza la acción principal que se desee obtener en el interior o en la superficie del cuerpo humano por medios farmacológicos, inmunológicos ni metabólicos, pero a cuya función puedan contribuir tales medios”.

Por tanto, el sector de Tecnologías y Productos Sanitarios cabe considerarlo como un sector heterogéneo en el que se encuentran implicados los siguientes subsectores de actividad:

- Cardiovascular, Neurocirugía y tratamiento del dolor.
- Productos Sanitarios de un Solo Uso.
- Dental.
- Servicios, atención domiciliaria-Oxigenoterapia.
- Diagnóstico In Vitro.
- Traumatología y Cirugía Ortopédica.
- Electromedicina.
- Óptica y Acústica.
- Nefrología – Diálisis.
- Informática Médica.
- Ortopedia Técnica.
- Efectos y Accesorios.

1.3 Subprograma nacional de seguridad y salud en el trabajo

Se incluyen dentro de este Subprograma nacional la promoción de las acciones e iniciativas de I+D+I orientadas a garantizar la Calidad de Vida en el Trabajo a través de la mejora de las condiciones de seguridad y salud de los lugares de trabajo, que permitan dotar a nuestro tejido empresarial de entornos seguros y saludables de trabajo y por tanto reducir los riesgos para la salud en el trabajo, mejorar los indicadores de siniestralidad laboral y, en consecuencia, la productividad y competitividad empresarial.

El ámbito de I+D+I en Seguridad y Salud en el Trabajo se extiende:

- La anticipación de soluciones a las enfermedades o alteraciones de la Salud emergentes, de índole físico o psico- social y la adquisición de nuevos conocimientos sobre los efectos crónicos o degenerativos derivados de exposiciones controladas pero mantenidas.
- Seguridad y salud de los lugares, elementos y organización del trabajo desde el punto de vista de diseño, psico- sociología, ingeniería, ergonomía, materiales y sustancias.
- Sistemas de prevención y protección de la Seguridad y Salud así como el desarrollo de procedimientos de evaluación de los riesgos en el lugar de trabajo y de vigilancia de la salud de los trabajadores.
- Estímulo a la Innovación en Seguridad y Salud en el Trabajo en las empresas.
- Consolidación de la Investigación en Seguridad y Salud en el Trabajo.

La diversidad de los factores de riesgo para la salud existentes en el entorno de trabajo hace del ámbito de la I+D+I en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) un espacio complejo que moviliza a un conjunto de disciplinas científicas y tecnológicas de naturaleza muy variada como:

- Medicina del Trabajo y Epidemiología laboral.
- Sociología y psicología del trabajo.
- Ingeniería.
- Ergonomía y fisiología del trabajo.
- Ciencias Químicas.
- Ciencias Biológicas.
- Ciencias Físicas.

Este hecho unido a la naturaleza emergente de la SST en el ámbito de la I+D+I requiere de medidas especiales que contribuyan a su crecimiento y consolidación en el Sistema Ciencia-Tecnología-Empresa y por tanto hace recomendable que se estructure como Subprograma nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo dentro del Programa Nacional de Tecnologías de la Salud y Bienestar.

En el desarrollo del Programa Nacional, se trata cada Subprograma Nacional por separado.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE TECNOLOGÍAS DE APOYO A LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD Y PERSONAS MAYORES

2.1 Justificación de la priorización del subprograma

2.1.1 Criterios científicos

La Unión Europea puso en marcha una acción piloto en el bienio 1991-1992 denominada TIDE (Technology Initiative for Disabled and Elderly People). Esta acción piloto fue consolidada en el IV Programa Marco de Investigación de la UE y ha sido contemplada, de manera más dispersa, en el V y VI Programas Marco. En todas estas actividades ha existido participación de grupos científicos españoles. De igual forma esta participación ha sido muy activa en las diferentes convocatorias que en este ámbito se han realizado en nuestro país (Proyecto Integrado en Tecnología de la Rehabilitación y las convocatorias de los años 2002 y 2003 en el Marco del Plan Nacional de I+D+I, 2000-2003).

2.1.2 Criterios tecnológicos

Hasta ahora, la política tecnológica en este sector ha potenciado fundamentalmente el desarrollo de proyectos de I+D sobre ayudas técnicas. Desde su aparición como sector tecnológico se han consolidado diversas estructuras de I+D y se han creado otras. En la actualidad es una de las prioridades de los Programas Marco de la Unión Europea y su desarrollo es uno de los objetivos del Plan Nacional de I+D+I, que han permitido que los centros de I+D, las empresas del sector y las organizaciones de usuarios finales se hayan incorporado con éxito a la ejecución de dichos proyectos de I+D.

Paralelamente, ha aumentado el conocimiento en y del sector y se han producido avances en la mejora de los procesos de transferencia tecnológica y en el desarrollo de normas técnicas. Finalmente, las actividades de difusión de conocimientos científicos y técnicos también han aumentado considerablemente y se han consolidado en Europa, Iberoamérica y España una serie de congresos, reuniones científicas y ferias tecnológicas y comerciales con periodicidad anual o bienal. No obstante, la participación de los usuarios finales en todo el proceso de I+D+I no ha sido suficientemente conseguida.

2.1.3 Criterios sectoriales

Los datos presentados en el Libro Blanco I+D+I al servicio de las Personas con Discapacidad y las Personas Mayores (2003) señalan que el consumo interno nacional relacionado con el ámbito de las tecnologías de apoyo se cubre aproximadamente con un 75% de importaciones, principalmente de EE.UU., el norte de Europa y, en menor medida, Asia.

En el sector existen actualmente diferentes organizaciones empresariales y profesionales que defienden intereses de los colectivos en este ámbito, como son: FENIN, FEDOP, FETOR, ASOAN, AVEO y algunas que agrupan a varias de estas entidades.

En consecuencia, es necesario propiciar un papel más activo de toda la cadena productiva nacional (empresas fabricantes, empresas distribuidoras y empresas adaptadoras y de servicios, organización de personas concernidas por estas tecnologías, etc.) en el proceso de I+D+I.

2.1.4 Criterios de interés público

En España, la encuesta sobre Discapacidades, Deficiencias y Estado de Salud (1999), realizada por el Instituto Nacional de Estadística, pese a considerar un concepto de discapacidad más restrictivo que el utilizado en la encuesta del INE de 1986, muestra la existencia de 3.528.221 personas con discapacidad (9% de la población total). En 1999 en nuestro país existían 6.434.524 personas mayores de 65 años, de las cuales, según la citada encuesta, 2.072.652 personas (casi un 60% del total de personas con discapacidad y más de un 32% del total de personas mayores), presentan diferentes grados de discapacidad.

Estas cifras son importantes en sí mismas, pero deben contemplarse a la vista de la proyección de la población mayor de 65 años para los próximos 20 años, período en el cual se espera que la misma se duplique y que los mayores de 80 años lleguen a multiplicarse por cuatro respecto a la existente en el año 1986, situación que acentuará el número de personas dependientes. Hay que añadir además que la tendencia de estas personas mayores y discapacitadas aumenta en la dirección de ser más activos en la sociedad, lo cual implica nuevos retos y necesidades. En consecuencia, surge la necesidad de atender esas posibles dependencias y fomentar la vida independiente desde las políticas de ciencia y tecnología.

3.1 Estructura y objetivos del subprograma

La primera recomendación general que se desprende del Libro Blanco de I+D+I al servicio de las Personas con Discapacidad y las Personas Mayores (2003) es reconocer la definición, el contenido y el carácter estratégico del sector de las Tecnologías de la Rehabilitación para la integración social y la plena participación de los colectivos en exclusión social, así como la complementariedad de las dos estrategias de las Tecnologías de Rehabilitación: el desarrollo de "ayudas técnicas" en sentido amplio y el "diseño para todos" o "diseño universal".

La segunda recomendación general es conseguir un compromiso entre los diferentes agentes económicos, sociales y políticos que dinamice un sector de actividad económica que permita poner a disposición de las personas con discapacidad y las personas mayores todos los espacios, dispositivos, instrumentos y sistemas necesarios para mantener una vida lo más independiente y participativa posible.

Las prioridades temáticas en este ámbito se agrupan alrededor de los diez subsectores en que se subdivide, a los que se añaden las prioridades relacionadas específicamente con las personas mayores y el diseño para todos. Estas prioridades temáticas y las líneas de actuación que se incluyen en cada una de las prioridades temáticas, se describen a continuación:

Ayudas técnicas para la valoración, tratamiento y rehabilitación

Desarrollo de nuevas ayudas técnicas para el tratamiento y la valoración, sistemas de valoración de la capacidad funcional y de la calidad de vida, así como técnicas de valoración objetiva de la discapacidad.

Ayudas técnicas para la movilidad y ortoprotésica

Desarrollo de ayudas técnicas para la movilidad personal, ortesis, exoprótesis, calzado ortopédico, y cojines y colchones antiescaras.

Ayudas técnicas para las personas con deficiencias visuales

Desarrollo de sistemas de percepción de imágenes y de recepción de información, y sistemas electro-informáticos táctiles y/o acústicos para personas con deficiencias visuales. Optimización de los sistemas tradicionales de impresión braille e investigación en lentes y fuentes de luz.

Ayudas técnicas para la audición (Prótesis Auditivas)

Investigación y desarrollo de implantes cocleares, sistemas de proceso y codificación de señales acústicas, sistemas informatizados para la adaptación personalizada de audífonos e implantes cocleares y desarrollo de estándares de medición y pruebas diagnósticas en estudios de audición.

Accesibilidad a la información y a la comunicación

Desarrollo de interfaces y dispositivos personales adaptativos, ayudas técnicas para la información, la comunicación y la señalización, desarrollo de software para facilitar el acceso a la educación, la información, la comunicación y el tiempo libre, sistemas de accesibilidad a la telefonía móvil y a la domótica. Investigación en problemas de accesibilidad en dispositivos miniaturizados.

Accesibilidad urbanística y en la edificación

Investigación y desarrollo de elementos urbanísticos y mobiliario urbano accesible, ayudas técnicas y adaptaciones para la edificación –incluyendo la vivienda–, pavimentos adecuados a las necesidades de las personas con discapacidad y personas mayores, y aplicaciones y sistemas domóticos.

Ayudas técnicas para las actividades de la vida diaria (AVD)

Desarrollo de ayudas técnicas para las actividades de la vida diaria, ropa accesible y sistemas ergonómicos para la incontinencia.

Accesibilidad al automóvil y a los medios de transporte

Investigación y desarrollo en sillas de ruedas como asiento en todo tipo de vehículos automóviles, desarrollo de vehículos accesibles y de ayudas técnicas para vehículos, nuevos mandos de conducción para personas con discapacidad física, incluyendo sistemas inteligentes. Investigación en sistemas integradores de gestión del transporte público.

Mobiliario adaptado

Investigación y desarrollo de mobiliario doméstico adaptado, mobiliario adaptado a medida y mobiliario de oficina adaptado.

Accesibilidad en el puesto de trabajo

Investigación sobre necesidades de las personas con discapacidad para su integración laboral. Investigación y desarrollo de adaptaciones ergonómicas del puesto de trabajo para personas con discapacidad y desarrollo de puestos de trabajo bajo planteamientos de "diseño para todos".

Productos y servicios para personas mayores

El apoyo tecnológico en el ámbito de los cuidados de larga duración y en instituciones para mejorar la calidad de vida de las personas mayores y de sus cuidadores profesionales. El desarrollo de servicios de teleinformación y teleatención sociosanitaria en hábitats aislados y el desarrollo de entornos seguros, no restrictivos, para personas mayores con demencia. El desarrollo de productos que faciliten la autonomía y la vida cotidiana de las personas mayores (calzado, ropa, mobiliario, telefonía, domótica, adaptaciones de software, adaptaciones ergonómicas...).

Diseño para todos

En este epígrafe se consideran aspectos relacionados con entornos accesibles, diseño de productos accesibles, diseño de tecnologías accesibles, así como la inclusión de criterios técnicos en diseño para todos o diseño universal.

El desarrollo de las líneas prioritarias en estos subsectores se hará en sintonía con las conclusiones obtenidas en el Libro Blanco I+D+I al servicio de las Personas con Discapacidad y las Personas Mayores (2003).

4.1 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

Es deseable una potenciación de una Red Temática de Centros de Referencia en Tecnologías de la Rehabilitación en España, basada en las características de los Centros de excelencia en Red. La articulación de esta Red Temática podría realizarse a través de un Centro de Referencia en Tecnologías de Rehabilitación, capaz de coordinarse con los distintos agentes del sector para la realización de acciones como: la participación en proyectos de I+D, la formación especializada, el asesoramiento a profesionales, empresas, universidades, organizaciones de usuarios y a otras administraciones públicas, y la realización de actividades relacionadas con la gestión del conocimiento, la difusión y la transferencia tecnológica hacia las empresas. De forma similar debería favorecerse la creación de Centros de Referencia que articulen redes temáticas en parcelas de interés para el subprograma (enfermedad de Alzheimer y otras demencias, diseño para todos, entre otras).

Tendrían asimismo cabida en este apartado el desarrollo de los Observatorios de Discapacidad y Personas mayores, como centros de competencia estatal que sistematicen y difundan resultados y conocimientos derivados de la aplicación del Plan Nacional de I+D+I.

Respecto a las necesidades de instalaciones de tamaño medio y grande en este ámbito, parece más adecuado un reforzamiento de las actualmente existentes, mediante un apoyo decidido a la adquisición de equipamiento y en la incorporación de personal a las instalaciones actualmente existentes, contemplando de forma destacada los siguientes aspectos:

- Infraestructura informática y telemática, que facilite la comunicación y soporte las estructuras en red.
- Apoyo y, creación en su caso, de laboratorios de ensayo y evaluación de estos productos y tecnologías, que faciliten al fabricante nacional una rápida incorporación a las líneas más vanguardistas internacionalmente.
- Participación de los usuarios en el proceso de I+D+I mediante su incorporación a los equipos de trabajo en este ámbito.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE TECNOLOGÍAS SANITARIAS E INVESTIGACIÓN EN PRODUCTOS SANITARIOS

2.2 Justificación de la priorización del subprograma

El sector de las tecnologías sanitarias es actualmente un sector bien identificado, con un marco legislativo propio, estando afectado por legislación de carácter básico, como es la Ley de Cohesión y Calidad del Sistema Nacional de Salud, la Ley General de la Sanidad, la Ley del Medicamento y el R.D. 63/95 de ordenación de las prestaciones del Sistema Nacional de Salud y O.M. que lo desarrollan y por legislación específica desarrollada a partir de las siguientes Directivas Comunitarias de Nuevo Enfoque:

- RD 634/93 sobre Productos Sanitarios Implantables Activos (transposición de la Directiva 90/385/CEE).
- RD 414/96 sobre Productos Sanitarios (trasposición de la Directiva 93/42/CEE).
- RD 1662/00 sobre Productos Sanitarios para el Diagnóstico In Vitro (transposición de la Directiva 98/79/CEE).
- RD 710/02 por el que se incorporan en el ámbito de aplicación del RD414/96 los derivados estables de la sangre o plasma (transposición de las Directivas 2000/70 y 2001/104).

Dichas disposiciones legislativas constituyen una premisa indispensable, en todas aquellas tecnologías que les son de aplicación, para cualquier actuación en materia de I+D+I que se ponga en marcha. Por tanto, los objetivos que se deben cumplir cuentan con las siguientes razones para su inclusión entorno en el Programa Nacional:

2.2.1 Criterios científicos

Como ha quedado anteriormente señalado el concepto global de tecnologías sanitarias es muy amplio y se relaciona, de una manera genérica con todo lo que supone innovación al servicio de la salud o de la calidad asistencial.

Existen más de 200 grupos de investigación que realizan sus estudios dirigidos de forma directa o indirecta hacia este ámbito y que se concentran entorno a grupos de investigación de departamentos universitarios, centros de investigación del CSIC y centros públicos y privados de I+D.

Ya en la elaboración del Plan Nacional de I+D+I (2000-2003) fue definida un Área Sociosanitaria que comprendía una acción estratégica para Tecnologías Sanitarias y que ha sido convocada anualmente dentro del "Programa de promoción de la investigación biomédica y en ciencias de la salud" del Ministerio de Sanidad y Consumo. Como resultado de esta convocatoria las tecnologías sanitarias han concentrado el 38.6% de los proyectos solicitados y el 61.4% de los proyectos financiados. Los principales beneficiarios de estas ayudas han sido los centros de atención especializada de SNS y las universidades.

Con respecto a las empresas del sector han accedido a las ayudas a través de otros Programas Nacionales relacionados con las Tecnologías Sanitarias de forma indirecta, como son el PN de Materiales, de Biotecnología o de Biomedicina y a la financiación del CDTI, realizada de manera general a Proyectos de Desarrollo e Innovación Tecnológica.

En el ámbito europeo, los programas relacionados con Tecnologías y Productos Sanitarios se han ido plasmando en los sucesivos Programas Marco de I+D, bien de una manera específica, como en el caso del III y IV Programa Marco, a través de las convocatorias de BIOMED I y BIOMED II respectivamente, o bien de forma más inespecífica a través de líneas relacionadas, como en el caso del V y VI PM.

2.2.2 Criterios tecnológicos

La tecnología sanitaria es susceptible de adoptar tecnologías muy variadas, entre las que destacan la tecnología mecánica, eléctrica, química, informática, óptica y de materiales, entre otras, con aplicación a un mercado de productos y procesos muy heterogéneo, como son:

- Productos muy sofisticados desde el punto de vista tecnológico ligados a la aplicación de Nanotecnologías y Tecnologías de la Información y la Comunicación.
- Equipamiento electromédico.
- Implantes en Cirugía Ortopédica y Traumatología, Cirugía Cardiovascular, Urología, Oftalmología, Ginecología.
- Prótesis Externas, Ortesis y determinadas ayudas técnicas para personas con discapacidad.
- Diagnóstico in vitro.
- Productos de un solo uso.
- Productos para mejorar la calidad de vida.

Por otra parte, los centros sanitarios de atención especializada son quienes, en primera instancia, ponen de relieve las necesidades de los pacientes, por lo que se hace imprescindible disponer de los canales oportunos de colaboración con los centros de I+D y las empresas, de cara al desarrollo de nuevos productos o mejora de los ya existentes. La potenciación de grupos interdisciplinares de expertos orientados hacia la tecnología sanitaria favorece el flujo de conocimiento hacia las empresas, lo cual, se traduce en un mayor desarrollo tecnológico.

2.2.3 Criterios sectoriales

El gasto sanitario en España asciende a 36.900 M€ de los cuales 3.000 M€ corresponden al mercado de Tecnología Sanitaria. No obstante, la balanza comercial continúa siendo desfavorable puesto que existe una gran dependencia tecnológica, ya que sólo el 20% de los productos son de fabricación nacional.

Respecto a las exportaciones, los datos referentes al año 2001, suponen un incremento del 30% con respecto a los datos globales de 1999, es decir, las ventas no sólo se han mantenido, sino que se han incrementado. Este aumento podría haber sido mayor si las buenas expectativas del año 2000, con un incremento del 31%, no hubieran sido truncadas por la recesión económica americana y japonesa.

Una mayor inversión en I+D+I repercutirá favorablemente en la competitividad de nuestras empresas en mercados exteriores y fortalecerá la imagen de España como país productor de Tecnología Sanitaria.

2.2.4 Criterios de interés público

El sector de tecnología sanitaria se caracteriza por ser un sector altamente innovador, que pone la tecnología al servicio de la salud y de la calidad de vida. El uso adecuado de la Tecnología Sanitaria tiene una gran influencia, poco valorada, en dos puntos clave del proceso asistencial: calidad recibida y percibida por el paciente y procesos evitables generadores de gasto, como las listas de espera, retrasos en el diagnóstico, estancias hospitalarias excesivas, duración innecesaria del tratamiento y el nivel de efectividad del tratamiento, que se traducen en un serio incremento del gasto sanitario y en una disminución evidente de la calidad asistencial. Es necesario considerar, asimismo, una demanda creciente de productos originada por el progresivo envejecimiento de la población, las mayores expectativas del consumidor, la extensión de la cobertura sanitaria pública y la aparición de nuevas innovaciones clínicas para cubrir criterios de seguridad, eficiencia, calidad asistencial y prestigio.

La evaluación de tecnologías sanitarias y la identificación precoz de las tecnologías emergentes, deben constituirse en instrumentos básicos del sector sanitario público y privado, en mayor medida que en el pasado reciente.

2.2 Estructura y objetivos del subprograma

Las actuaciones que se enmarcan en esta acción deben orientarse a la consecución de los siguientes objetivos:

- Favorecer la I+D+I de tecnologías sanitarias de alto valor añadido.
- Mejorar la competitividad de la estructura industrial del sector de tecnologías sanitarias.
- Disminuir la dependencia exterior.
- Mejorar la eficiencia de los actuales procesos asistenciales, en calidad y en reducción de costes, mediante el uso apropiado de tecnologías sanitarias.
- Promocionar la formación de consorcios integrados por empresas, centros de investigación y tecnológicos, centros sanitarios e instituciones relacionadas con las tecnologías sanitarias y, en su caso, usuarios y prescriptores.
- Identificar precozmente las tecnologías emergentes en el sector sanitario.
- Potenciar la evaluación con criterios científico-técnicos de las nuevas tecnologías y productos sanitarios que vayan a introducirse en el catálogo de prestaciones o la cartera de servicios del Sistema Nacional de Salud.
- Incorporar sistemas de evaluación técnica o modelos de análisis de coste de ciclo de vida de productos.
- Desarrollar la investigación sobre resultados en los Servicios de Salud.

Las prioridades temáticas que se consideran en este ámbito y las líneas de actuación que se incluyen en cada una de ellas, se describen a continuación:

Biomateriales

Desarrollo de nuevos biomateriales con aplicación en cirugía cardiovascular, oftalmología, cirugía ortopédica y traumatología, productos sanitarios de un solo uso y tecnología dental; mejora de la integración, fijación e inducción de la regeneración ósea, mejora del comportamiento biomecánico y de las características de desgaste, reducción de los efectos adversos y desarrollo de materiales compatibles con el medioambiente.

Cirugía mínimamente invasiva

Desarrollo de sensores e instrumental para cirugía mínimamente invasiva: miniaturización de componentes electrónicos.

Implantes

En este apartado se incluye no únicamente el producto a desarrollar, sino el instrumental y, en determinados casos, la aplicación de tecnologías innovadoras. Se destacan especialmente las áreas de cirugía ortopédica y traumatología, cirugía cardiovascular, neurocirugía y tratamiento del dolor, oftalmología, ginecología, urología y audiología.

Tecnologías de la información y de la comunicación en medicina

Desarrollo de sistemas de obtención y procesado de señales e imágenes médicas, de sistemas inteligentes de ayuda al diagnóstico, monitorización y terapia, de Telemedicina y Teleasistencia y aplicación de las tecnologías de la información y la comunicación a los servicios sanitarios asistenciales.

Aplicación de la "e-Ciencia" y de tecnología Grid, en imagen médica y en simulación quirúrgica, para favorecer el acceso compartido y colaborativo a grandes bancos de datos estructurados.

Técnicas, equipamiento e instrumental

- Para el subsector de diagnóstico in vitro: técnicas de autotest, automatizadores y técnicas de POC ("point of care").
- Para el subsector de cardiovascular: técnicas de revascularización transmiocárdica, técnicas de estimulación cardíaca y desarrollo de hemodinámica, electrofisiología y cardiología intervencionista.
- Para el subsector de Electromedicina: desarrollo de equipos de esterilización, medicina nuclear, radiología convencional y sistemas digitales e imagen, radioterapia, radiocirugía, litotritores, electrocardiografía electroencefalografía, monitorización, sistemas poligráficos, sistemas de soporte vital, sistemas de quirófano y sistemas de terapia. Es necesario destacar la investigación dirigida hacia la protección radiológica del paciente y los especialistas médicos en la utilización de técnicas diagnósticas con radiaciones ionizantes.
- Para el subsector de nefrología: hemodializadores, membranas de diálisis sintéticas, técnicas de depuración, investigación en la cuantificación de la dosis de hemodiálisis, diálisis peritoneal continua ambulatoria o automatizada (CAPD-APD) e investigación de la calidad del agua para hemodiálisis.

Material de un solo uso

Optimización de las prestaciones de los productos o eficacia de los procesos para mejorar el coste del tratamiento. Nuevos diseños para la mejora de la seguridad, garantía de esterilidad y disminución de riesgos, especialmente en elementos punzantes.

Desarrollo de Tecnologías de Fabricación, Gestión de la Producción y Diseño industrial

Desarrollo de nuevas aplicaciones de producto, optimización del uso y ampliación del ciclo de vida de los productos y servicios, la disminución de los costes de fabricación, la adecuación de las prestaciones a las características del usuario, el incremento de la seguridad y preservación del medioambiente y la utilización de tecnologías de tratamiento de residuos no contaminantes.

Desarrollo y mejora de normativas de seguridad, fiabilidad, salubridad y compatibilidad entre componentes.

4.2 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

En este ámbito, no parece necesario la creación de nuevas instalaciones científicas y tecnológicas grandes y medias debido a las características de las instalaciones y grupos de trabajo que funcionan en la actualidad. No obstante, con ánimo de dar una respuesta adecuada a las iniciativas que surjan de la puesta en marcha de las diferentes acciones, se considera imprescindible el reforzamiento en infraestructura de las instalaciones actualmente existentes, contemplando especialmente aspectos ligados a:

- Infraestructura informática y telemática, que facilite la conexión entre grupos interdisciplinares y de soporte a estructuras en red por subsectores.

- Experimentación animal, siempre que se contemple el uso compartido de instalaciones con carácter de proximidad geográfica, aprovechando recursos comunes y líneas de I+D+I prioritarias.
- Dotación para la ampliación, e incluso creación, de laboratorios de ensayo y calibración de productos sanitarios, que faciliten al fabricante nacional el cumplimiento con las obligaciones derivadas del marco legislativo y la incorporación de mejoras en el diseño de productos, soportando la calidad y seguridad de los mismos.
- Constituir una red de agentes de evaluación de tecnología sanitaria, en orden a fomentar la cooperación en el ámbito nacional en materia de evaluación de tecnologías y productos sanitarios, coordinando actividades y proyectos de evaluación tecnológica e investigación de resultados en Servicios de salud.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE TECNOLOGÍAS DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

2.3 Justificación de la priorización del subprograma

2.3.1 Criterios científicos

Las acciones contempladas en esta propuesta contribuirán a:

- Incrementar y mejorar el conocimiento existente de la relación salud y trabajo, identificar las causas laborales determinantes de la enfermedad y de sus procesos biológicos y por lo tanto establecer procedimientos sensibles y específicos de diagnóstico precoz, tratamiento eficaz de la enfermedad y en su caso de rehabilitación y reinserción.
- El estudio de la organización del trabajo y su influencia sobre variables de la Calidad de Vida en el Trabajo como interacción social, factores psico-sociales y organización de la SST.
- La investigación de los fenómenos demográficos y sociales y sus efectos sobre la SST: Envejecimiento de la población, inmigración, género, la vinculación entre el desarrollo económico, el empleo y la SST.
- Investigación prospectiva que permitan anticipar soluciones a los nuevos problemas de salud y generar nuevos conocimientos en relación con el origen y las causas de los problemas emergentes de salud, con especial atención a la previsión de las necesidades y capacidades tecnológicas y de investigación del Sistema de SST en el tejido empresarial.

En el escenario de la Investigación en materia de SST, se puede identificar un número reducido de grupos de investigación que se concentran fundamentalmente en las Administraciones Públicas, ámbito universitario y excepcionalmente en el ámbito de entidades aseguradoras de Accidentes de Trabajo y Enfermedad Profesional (MUTUAs). En este sentido las acciones propuestas forman un marco que a modo de incubadora contribuirá a la emergencia de grupos de investigación en SST y a la consolidación de los existentes.

En el contexto de la Unión Europea es destacable la iniciativa de la Comisión Europea a través de la Comunicación sobre la Estrategia Comunitaria en Materia de Seguridad y Salud en el Trabajo 2002-2006, que apunta el papel necesario que la investigación juega en la adaptación de la SST a los cambios en la sociedad y en el mundo del trabajo.

La necesidad de promover la investigación en SST fue recogida también en las Conclusiones del Seminario de la Red Europea de Institutos de Investigación en SST: "Trabajando por el futuro y oportunidades para la Investigación en SST en el marco del Área Europea de Investigación", celebrado (mayo 2002) entre los actos de la Presidencia Española de la UE.

2.3.2 Criterios tecnológicos

Dentro del ámbito tecnológico el desarrollo de las acciones propuestas se dirigen al estímulo de la I+D+I en diferentes ámbitos determinantes de la calidad de las condiciones de trabajo y de forma especial al estímulo de la I+D+I en:

- El diseño y la adaptación desde el punto de vista la ergonomía y biomecánica de puestos y equipos de trabajo.
- Ingeniería de los sistemas de seguridad de maquinarias y equipos de trabajo y seguridad de materiales, seguridad química y sustitución de sustancias tóxicas o peligrosas con especial atención a sustancias cancerígenas, teratógenas, sensibilizantes y de toxicidad retardada.
- I+D+I en tecnología preventiva tanto sistemas de protección colectiva, equipos de protección individual, métodos de monitorización ambiental de contaminantes físicos, químicos y biológicos, métodos y procedimientos de evaluación, control e intervención sobre factores de riesgo laboral físicos o psico-sociales.
- I+D+I en la aplicación de las tecnologías de la información al ámbito de la SST

La aplicabilidad y la transferencia de los resultados obtenidos cubren al conjunto del tejido empresarial, viéndose especialmente beneficiado el sector de PYMEs y micro-empresas con menores oportunidades de destinar recursos a la mejora de sus procesos en lo que se refiere a la implantación de procesos y tecnologías seguras y saludables

2.3.3 Criterios sectoriales

En el ámbito de la SST se identifican dos subsectores claramente definidos: Empresas de desarrollo y fabricación de tecnologías de protección y medición de riesgos laborales y Servicios de Prevención, empresas de servicios que actúan como proveedores de SST, cuya presencia es especialmente importante en el sector estratégico de la pequeña y mediana empresa, como se pone de manifiesto en la Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo.

El desarrollo de las medidas propuestas en este Subprograma nacional contribuirán a dinamizar el desarrollo de tecnología propia en materia de SST así como mejorar la calidad y la eficacia de los servicios de prevención prestados a las empresas.

2.3.4 Criterios de interés público

La calidad de vida en el trabajo y las condiciones de Seguridad y Salud afecta a un sector poblacional de interés estratégico tanto económica como socialmente, este sector está representado por el conjunto de la población activa y en concreto por la población activa ocupada que la forman en la actualidad, 16.377.000 trabajadores.

Los sucesos negativos de la falta de SST como son los Accidentes de Trabajo con baja que afectan anualmente a cerca de 950.000 trabajadores, los más de 1.000 accidentes de trabajo mortales anuales y 21,5 millones de jornadas de trabajo perdidas en el año 2001, sitúan a nuestro país en los primeros puestos de la UE en lo que se refiere a siniestralidad laboral. La estimación económica de estos eventos se estiman entorno al 3% del PIB.

Es necesario añadir el hecho social de la disminución de la capacidad productiva de la población activa y del gasto mantenido como consecuencia de prestaciones mantenidas por incapacidad permanente.

Estos datos configuran un marco que debe ser objeto de atención preferente.

3.3 Estructura y objetivos del subprograma

Las prioridades temáticas de este subprograma están orientadas a alcanzar los objetivos utilizados en la justificación de la priorización del subprograma, formulada anteriormente.

Este subprograma nacional se estructura en siete prioridades temáticas para la ayuda y promoción de la Investigación Desarrollo e Innovación en Seguridad y Salud en el Trabajo:

- Sociedad y Trabajo.
- Salud y Trabajo.
- Tecnologías y materiales seguros.
- Tecnologías de la prevención de riesgos laborales.
- Sistema preventivo en Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Seguridad y Salud en el trabajo en sectores específicos de la economía.
- Estímulo a la innovación en Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Consolidación de la investigación en Seguridad y Salud en el Trabajo dentro del Sistema Ciencia-Tecnología-Empresa.

Este Subprograma persigue el desarrollo de una serie de líneas de actuación que se agrupan de acuerdo a su naturaleza en cada una de las prioridades temáticas.

Sociedad y Trabajo

Investigación en torno a la incidencia del envejecimiento de la población y la incorporación cada vez mayor de trabajadores de otras nacionalidades sobre la seguridad y salud en el trabajo. Serán motivo de especial atención las acciones dirigidas a colectivos específicos: mujer, integración de trabajadores con discapacidad, y trabajadores especialmente sensibles a determinados riesgos laborales. Trabajadores autónomos, temporales, trabajadores de Empresas de Trabajo Temporal y Seguridad y Salud en el Trabajo en PYMEs y microempresas. La investigación dirigida al análisis de la relación entre el crecimiento económico, empleo y SST. La prospección y anticipación de nuevos riesgos en el ambiente de trabajo (observatorio de condiciones de trabajo) así como de problemas de salud emergentes, debidos fundamentalmente a la sobrecarga de las funciones biológicas y a determinadas conductas violentas (físicas, psíquicas). También se considera prioritario el estudio de los problemas de SST derivados del desarrollo de la Sociedad de la Información.

Salud y Trabajo

Dentro de este grupo se incluyen como prioridades el desarrollo de la investigación epidemiológica de los Accidentes de Trabajo, enfermedades profesionales y/o relacionadas con el trabajo, la investigación orientada a la mejora de la eficacia y fiabilidad de los procedimientos de diagnóstico precoz con fines de vigilancia de la salud de la población trabajadora. Investigación clínica y ensayos en Medicina del Trabajo, transferencia y aplicación de resultados de la investigación genómica y biomarcadores en Medicina del Trabajo. Investigación que permita un mayor conocimiento de la influencia de las condiciones de trabajo y exposiciones laborales sobre las enfermedades degenerativas y efectos a largo plazo. Sistemas de información en SST, que proporcionen la información necesaria, para la adaptación de las actuaciones preventivas a las nuevas realidades del mundo del trabajo. Se incluye también en este apartado, la rehabilitación y reinserción al puesto de trabajo e investigación en valores límite de exposición.

Incorporación de tecnologías y materiales seguros

Es prioritaria la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías dirigidas a reducir la exposición a trabajos especialmente peligrosos, y a disminuir la carga física y psíquica en el trabajo. Dentro de este ámbito, se prestará especial atención a la sustitución de sustancias peligrosas, tanto químicas como biológicas y al desarrollo de materiales más seguros en los procesos de producción. I+D+I orientada a mejorar los sistemas de seguridad en maquinaria, equipos y herramientas, la integración de la SST en el diseño de lugares de trabajo, la adaptación desde el punto de vista de la ergonomía y biomecánica de puestos y equipos de trabajo y las Tecnologías adaptadas a trabajadores discapacitados.

Tecnología de la prevención de riesgos laborales

I+D+I orientada a la mejora de tecnologías propias a aplicar en este campo. Es por ello necesario priorizar la investigación y desarrollo de nuevos métodos de evaluación y control de los riesgos en el lugar de trabajo, así como la mejora de los ya existentes. Sistemas de protección colectiva e individual frente a riesgos de contaminación (por agentes químicos, físicos o biológicos), y a accidentes de trabajo, así como la investigación que contribuya a la mejora de la calidad y buenas prácticas en Seguridad y Salud en el Trabajo.

Sistema Preventivo en Seguridad y Salud en el Trabajo

La investigación dirigida a mejorar el conocimiento sobre los determinantes de los sistemas de Seguridad y Salud en el Trabajo en PYMEs y microempresas. La Organización de la Prevención en la empresa (participación, calidad, eficiencia, entre otros) y la Prospección de necesidades científicas y tecnológicas en el Sistema Preventivo.

Seguridad y Salud en el Trabajo con atención especial a determinados sectores de la economía

Son objeto de especial atención los sectores de la construcción, transporte, sector sanitario, empresas de trabajo temporal, u otros sectores de actividad en dependencia de la estructura económica territorial.

Estímulo a la innovación en Seguridad y Salud en el Trabajo en la empresa

Mediante la innovación en tecnologías, materiales y productos más seguros, en evaluación y gestión de la prevención, y en tecnología preventiva.

Consolidación de la investigación en Seguridad y Salud en el Trabajo dentro del Sistema Ciencia-Tecnología-Empresa

A través de medidas de fomento y apoyo a la creación de unidades de investigación en seguridad y salud en el trabajo, dentro de los organismos públicos y privados sin ánimo de lucro, cuyo desarrollo permitirá la vertebración de todos los elementos intervinientes en la I+D+I en Seguridad y Salud en el Trabajo: Entidades financiadoras, Entidades promotoras, Entidades proveedoras, Tejido empresarial y Estructuras de otras áreas del Sistema Ciencia- Tecnología- Empresa con intereses compartidos en I+D+I en Seguridad y Salud en el Trabajo. Y la promoción de Redes Temáticas de Investigación en Seguridad y Salud en el Trabajo e investigación cooperativa.

4.3 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

Las acciones de apoyo a las instalaciones de mediano y gran tamaño en este ámbito deberán centrarse en el reforzamiento de las ya existentes. Será necesario potenciar la cooperación de los actuales centros en una red de ámbito estatal que tuviera en cuenta aquellos de titularidad pública y ámbito

nacional, como son el Instituto Nacional de Salud e Higiene en el Trabajo del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales y el Instituto de Salud Carlos III del Ministerio de Sanidad y Consumo, centros dependientes de las diferentes CCAA y otros centros o instalaciones dependientes de Universidades o entidades sin ánimo de lucro. Cabe plantear también la implicación de las Mutuas de Accidentes de Trabajo en lo que se refiere a soporte logístico, financiero y humano, para el refuerzo de los centros de investigación.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

5.1 Recursos humanos

- Desarrollar una política activa de formación e incorporación de personal especializado en estas temáticas, tanto en los centros de I+D como en las propias empresas y, en muchos casos, en las entidades prestadoras de servicios.
- Potenciar la formación académica en estos ámbitos mediante la inclusión entre los diseños curriculares de las Universidades y Escuelas Técnicas apropiadas, los estudios que incluyan estas materias.
- Creación de nuevas titulaciones universitarias en respuesta a las necesidades derivadas de estos ámbitos.
- Asignación de recursos destinados a la formación de doctores, investigadores y tecnólogos, así como la promoción de becas y el fomento de la incorporación en la empresa.
- Dotación de recursos humanos para el establecimiento y mantenimiento de Redes temáticas como estímulo al desarrollo de la capacidad investigadora.
- La naturaleza emergente de la Seguridad y Salud en el Trabajo en el ámbito de la I+D+I, demanda un conjunto de medidas dentro de esta actuación horizontal orientadas al desarrollo de una masa crítica de investigadores y tecnólogos en Seguridad y Salud en el Trabajo, a través del apoyo de formación de doctores y tecnólogos en las áreas de conocimiento de prevención de riesgos laborales de: Medicina del Trabajo, Seguridad e Higiene, Ergonomía y Psico-sociología laboral.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

- Potenciar la cultura y formación técnica de los agentes que componen los mercados para favorecer una actitud adecuada hacia la innovación tecnológica.
- Favorecer la realización de estudios sectoriales y el mantenimiento de una vigilancia de los mercados para identificar las oportunidades de I+D+I.
- Apoyo a servicios de evaluación, ensayo y certificación de productos y métodos, a través de iniciativas dirigidas a la formación, acreditación de la calidad, adaptación de puestos de trabajo e incentivación de la I+D prenormativa y connormativa.
- Establecer un marco de relaciones entre la oferta y la demanda que aliente la innovación tecnológica.
- Potenciar la coordinación y apoyo entre los agentes del mercado que han de cooperar en la innovación tecnológica.
- Apoyar la presencia de empresas españolas en otros mercados.
- Adquisición e incorporación de nuevas tecnologías y procesos que hagan a la empresa más segura y competitiva.
- Asegurar la transferencia de resultados de la investigación en estas materias.

- Favorecer el desarrollo de patentes consecuencia de los proyectos de investigación.
- Favorecer la relación entre las empresas, los centros de I+D, las instituciones y los usuarios.
- Favorecer el conocimiento de tecnología emergente y su difusión.

5.3 Cooperación internacional

- Potenciar la presencia activa de los diferentes agentes del sector en los foros internacionales. En este sentido se considera necesario incentivar la colaboración entre centros de I+D y empresas en los ámbitos europeo e iberoamericano así como la transferencia de resultados de I+D y planes de formación aprovechando las múltiples vías existentes.
- Favorecer la participación de empresas, instituciones, Centros de I+D y usuarios en los diferentes programas internacionales y europeos. Promoción de la participación en los Programas Marco de I+D.
- Participación e incorporación de investigadores nacionales en el "Área Europea de Investigación" y desarrollo de proyectos de cooperación internacional preferentemente en Europa e Iberoamérica.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

- Potenciar la difusión de información relativa a los diferentes productos y servicios del sector: prestaciones, evaluación, forma de adquisición, financiación, ayudas a la I+D+I, proyectos, experiencias, novedades, entre otros, mediante diferentes sistemas de comunicación accesibles a todo tipo de usuarios.
- Apoyar el uso de las autopistas de la comunicación (Internet, e-learning).
- Financiación de la promoción de actividades divulgativas (ferias, congresos publicaciones, entre otras).
- Concienciación de la sociedad sobre la trascendencia de la integración de la prevención en cada uno de estos ámbitos.
- Desarrollo de material informativo para la adecuación de las prescripciones y adquisiciones y el uso provechoso de la tecnología, basado en criterios de valoración técnica y funcional de productos y servicios.

6 Relación con otros programas nacionales

Las relaciones de este Programa Nacional con otros Programas del Plan Nacional, se han identificado al nivel de sus Subprogramas. Los tres subprogramas nacionales de que consta este Programa Nacional presentan relación que debería posteriormente coordinarse con los Programas Nacionales de Biomedicina, de Materiales, de Ciencias y Tecnologías Químicas, de Diseño y Producción Industrial, de Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones, de Tecnologías Informáticas, de Tecnología de servicios de la Sociedad de la Información y de Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas.

Adicionalmente, el Subprograma Nacional de Tecnologías de Apoyo a las personas con discapacidad y personas mayores, presenta una relación que requeriría posterior coordinación con el Programa Nacional de Medios de Transporte.

Este Subprograma Nacional de Tecnologías de Apoyo a las personas con discapacidad y personas mayores y el Subprograma de Seguridad y Salud en el Trabajo presentan por su parte relaciones que requerirán posterior coordinación con los Programas Nacionales de Construcción y de Humanidades.

El Subprograma Nacional de Tecnologías de Apoyo a las personas con discapacidad y personas mayores y el de Tecnologías Sanitarias e investigación en productos sanitarios, tienen una relación que requeriría posterior coordinación con el Programa Nacional de Biotecnología.

Y, finalmente, el Subprograma Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo presenta relación, que requeriría posterior coordinación, con los Programas Nacionales de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias, de Biología Fundamental y con el de Física.

Programa Nacional de Biotecnología

1 Ámbito del Programa Nacional

El Programa Nacional de Biotecnología se enmarca cronológicamente en la entrada plena en la denominada era postgenómica, caracterizada por la implementación de las tecnologías de la genómica y la proteómica, que permiten obtener grandes cantidades de información, y de la bioinformática, que permite analizar esa información. De esta manera, el énfasis se está desplazando hacia el uso inteligente de estas herramientas para la generación de "conocimiento" a partir de dicha "información".

La correlación universalmente establecida entre la capacidad de innovar y emprender nuevos tipos de actividades, y la creación de empleo y el crecimiento económico es especialmente pertinente en el sector de la biotecnología, una de las actividades de mayor impacto previsto en el desarrollo económico del siglo XXI.

La información derivada de la revolución genómica ha de repercutir en el desarrollo de tecnologías y procesos. Uno de los objetivos fundamentales debe ser integrar las herramientas genómicas con las tecnologías más tradicionales (por ejemplo, ingeniería genética y de proteínas o biotransformaciones) y las nuevas áreas emergentes como la bionanotecnología. Asimismo, una de las características esenciales de este programa es la multidisciplinariedad, ya que la realización de muchos desarrollos biotecnológicos precisa la interacción de diversas tecnologías.

A partir de una definición amplia de la biotecnología como la técnica que utiliza organismos vivos o partes de organismos para obtener o modificar productos, mejorar plantas o animales así como desarrollar microorganismos para la obtención de conocimiento, productos y servicios, los proyectos dirigidos al Programa Nacional de Biotecnología deben caracterizarse por tener como objetivo último la resolución de un problema ó la transferencia de tecnología al sector industrial mediante la utilización de técnicas ligadas a la biotecnología. Asimismo, se espera que la información derivada de la genómica, la proteómica y la bioinformática esté presente en una gran parte de los proyectos de este Programa.

Aún siendo la Biotecnología un área claramente orientada hacia las aplicaciones, el Programa no excluye la generación de conocimiento básico, en tanto que vaya orientado a dar lugar a nuevas aplicaciones en el futuro. Es evidente que las aplicaciones más novedosas siempre surgen en un contexto robusto de investigación y, por ello, para incrementar el grado de aplicabilidad de los proyectos del Programa, es necesario incorporar estímulos de todo tipo, incluyendo un énfasis especial en el establecimiento de vías eficientes de colaboración entre el sector público y las empresas. El Programa incluye mecanismos de potenciación de la actividad empresarial en proyectos de investigación y en el desarrollo de la biotecnología. Asimismo, contempla una adecuada dotación de instrumentos de soporte, para la creación de nuevas empresas de base biotecnológica.

2 Justificación de la priorización del programa

2.1 Criterios científicos

La biotecnología es el ámbito natural de desarrollo de la investigación en la era postgenómica, siendo el hilo conductor que permite explotar la información derivada a partir de los proyectos genómicos. Paralelamente, el desarrollo de las herramientas biotecnológicas debe ser un motor generador de conocimiento y aplicaciones que alimente futuros avances en la era postgenómica. La ciencia del nuevo milenio se caracterizará por la investigación translacional en la que se producirá una integración de metodologías diferentes y una imbricación entre investigación básica y sectores de aplicación. En este escenario, el papel de la biotecnología es crucial. El programa de Biotecnología tiene como uno de sus elementos diferenciadores la estrecha relación entre la generación de conocimiento científico y técnico y su aplicación.

Los Programas Nacionales de Biotecnología de Planes Nacionales precedentes han permitido crear un tejido científico con grupos de sólido prestigio internacional distribuidos de manera amplia en el Estado. Se estima que en la actualidad hay más de 400 grupos de investigación trabajando en áreas de Biotecnología, que han participado activamente en el último Programa Nacional y una buena parte de ellos también en programas internacionales. En el sector privado se han identificado del orden de 120 empresas con actividad en Biotecnología, lo que permite contar con una masa crítica que facilite el crecimiento y estabilización de una amplia base empresarial en el campo. Asimismo, la incipiente creación de plataformas tecnológicas está permitiendo acceder a nuevas herramientas tecnológicas al tejido científico y empresarial español.

La Biotecnología ha sido y es uno de los temas básicos en los programas marco de I+D europeos. Es de destacar la excelente correlación temática que siempre ha existido entre los programas europeos y nacionales de I+D en Biotecnología. Esto ha facilitado la involucración de grupos españoles en estos programas europeos. Así, en el IV Programa Marco, en BIOTECH II, se alcanzó un retorno del 5,5% y en el V Programa Marco el retorno para la Acción de la Fábrica Celular fue 5,4%, siendo del 7,1% en la Acción correspondiente a Control de Enfermedades Infecciosas. En el VI Programa Marco existe una fuerte prioridad temática sobre Genómica y Biotecnología aplicada a la Salud, tema que focaliza el 12% de sus recursos totales dedicados a Investigación y Desarrollo. Por el contrario, se debe destacar que en el mismo Programa Marco han quedado aspectos científicos y biotecnológicos con una escasa representación o, incluso, han desaparecido.

2.2 Criterios tecnológicos y sectoriales

Una de las características diferenciadoras del programa de Biotecnología es la implicación de los grupos de investigación en el terreno tecnológico. Así, la participación de grupos biotecnológicos en los programas del MCYT y del CDTI ha sido muy relevante, lo que demuestra la masa crítica de grupos y de empresas con fuerte base tecnológica y perfil bio-emprendedor. No en vano la biotecnología está en primera línea de conocimiento y se nutre de grupos académicos y empresariales de alta capacitación científica y técnica.

El carácter horizontal y multidisciplinar de la biotecnología la convierte en un motor de innovación que permea a amplios sectores. Entre otros, el farmacéutico, veterinario, cosmético, agroalimentario, bioprocesos, medioambiental, energético, químico, nuevos materiales, instrumentación y robótica.

Además de la existencia de 120 empresas en el entorno de la biotecnología, en España es destacable el potencial de la biotecnología en la generación de nuevas empresas y la capacidad de crecimiento y de interacción con empresas consolidadas y plataformas tecnológicas que presentan las empresas de base tecnológica.

Es necesario hacer hincapié en la cualificación empresarial para abordar con posibilidades de éxito la I+D+I, y su capacidad de interacción con la investigación pública y los centros tecnológicos. El sector empresarial biotecnológico es altamente innovador, con una elevada tasa de personal cualificado- más del 50% son titulados superiores-, es dinámico en su actuación y capaz de interactuar adecuadamente en el Sistema Ciencia-Tecnología-Empresa. La trayectoria en desarrollo tecnológico e innovación de las empresas biotecnológicas se refleja, por ejemplo, en los datos de su participación en programas de apoyo a la I+D+I. Los proyectos gestionados por CDTI han sido una activa modalidad de participación en las actividades del Programa. Asimismo, en el Programa de Biotecnología para el fomento de la investigación aplicada y desarrollo e innovación tecnológicos, el presupuesto movilizado en proyectos durante el periodo 2000-2003 ha sido de más de 300 millones de euros. A pesar de estos datos, conviene recordar que aún persisten importantes dificultades para una mayor implicación empresarial en I+D+I, para la obtención de resultados explotables en mercados competitivos, así como para el abordaje de desarrollos de mayor envergadura tecnológica y económica.

La biotecnología no solo genera directamente riqueza en el marco de nuevas empresas centradas en sectores emergentes, sino que actúa como catalizador para que sectores maduros puedan dotar de valor añadido a sus tecnologías, productos y servicios. Según datos de la Comisión Europea en el año 2005 el mercado europeo de biotecnología tendrá un valor de más de 100.000 millones de euros. Se ha estimado que el año 2010 el valor en el mercado de las empresas de base biotecnológica en Europa superará los 2 billones de euros. Así pues el Estado potencia un sector que se constituye como un vector crucial de crecimiento económico y social y que está convirtiéndose en un motor de creación de empleo.

2.3 Criterios de interés público

La biotecnología es considerada uno de los factores clave de la revolución de la economía basada en el conocimiento. Su avance potencia nuevas disciplinas científicas, aporta respuestas y genera aplicaciones con profundas repercusiones socioeconómicas en salud, agricultura, alimentación, protección del medio ambiente y en otros ámbitos industriales y de servicios. La Unión Europea está implicada en una Estrategia de Actuación para fortalecer el desarrollo de la biotecnología en Europa e insta a utilizar todo su potencial y a consolidar su competitividad, cuidando de garantizar la seguridad de los consumidores y el medio ambiente y la compatibilidad con los valores y principios éticos fundamentales y comunes.

La capacidad del sistema científico nacional en este ámbito es uno de los apoyos fundamentales para impulsar este Programa y favorecer la dotación adecuada para una mayor proyección de la I+D, logrando una posición competitiva con la investigación que se realiza en países avanzados. Análogamente, es destacable la cualificación empresarial para abordar con posibilidades de éxito la I+D+I, su capacidad de interrelación con la investigación pública y la necesidad de impulsar y consolidar las empresas innovadoras. También hay que destacar la formación de personal técnico y científico como uno de los valores de interés a generar por el Programa, para fortalecer el sistema de Ciencia y Tecnología público y privado.

La biotecnología ha de ser entendida como un sistema de actividades diversas. En las diferentes fases del proceso –I+D, innovación, producción, comercialización– participan, directa o indirectamente, una gran variedad de actores: diferentes tipos de empresas, centros de investigación públicos y privados, entidades financieras, administraciones públicas, consumidores, el sistema de salud. Promover el desarrollo de la biotecnología implica, por tanto, interactuar con un sistema dinámico, donde la situación de las empresas tendrá mucho que ver con cuestiones tan diversas como la capacidad de los investigadores para participar en proyectos internacionales, el acceso a fuentes de financiación para proyectos de I+D o la habilidad de incorporar los avances científicos como un instrumento de generación de negocio.

Fomentar el desarrollo de la biotecnología pasa por generar conocimiento científico de excelencia y que ese conocimiento tenga, a través de la participación de las empresas, la capacidad de resolver problemas de salud, alimentación o medioambientales a través de nuevos productos, procesos o servicios.

3 Estructura y objetivos del programa

El Programa Nacional de Biotecnología se estructura en torno a cuatro grandes prioridades temáticas, como son:

- 1) Biotecnología de microorganismos y bioprocesos.
- 2) Biotecnología de plantas.
- 3) Biotecnología humana y animal.
- 4) Desarrollos tecnológicos horizontales.

A continuación se pasan a considerar las actuaciones que se desarrollarán dentro de cada prioridad.

3.1 Biotecnología de Microorganismos y Bioprocesos

A pesar de los avances realizados en las últimas décadas, las enfermedades generadas por microorganismos en el hombre, animales y plantas siguen constituyendo hoy día un problema importante. La lucha contra la continua aparición de cepas resistentes a distintos agentes antimicrobianos requiere un mejor entendimiento de las bases moleculares de los mecanismos de resistencia, tanto en aislados clínicos como en los microorganismos productores de antibióticos. Esto permitirá el diseño de nuevos compuestos antimicrobianos. Del mismo modo, un mejor entendimiento de las bases moleculares de los mecanismos de patogenicidad y virulencia microbiana, así como de las relaciones de interacción patógeno-huésped, también contribuirá al diseño de nuevos compuestos frente a microorganismos patógenos.

Por otro lado, algunos microorganismos poseen gran potencial como fuente de productos naturales con aplicaciones farmacéuticas. La ingeniería genética ofrece la posibilidad de generar cepas recombinantes con dotaciones génicas que permitan generar nuevos compuestos bioactivos difíciles de obtener mediante síntesis química. La reciente acumulación de información generada a partir de la secuenciación de genomas microbianos debe permitir abrir nuevos caminos tanto para el diseño de fármacos frente a nuevas dianas, como para entender mejor los procesos de patogénesis y resistencia a antibióticos.

Los microorganismos son capaces de asimilar una gran variedad de compuestos químicos. Esto lleva a que jueguen un papel fundamental en el reciclado de la materia orgánica y en la conservación del medio ambiente. Sin embargo, muchos compuestos, tanto naturales como de síntesis industrial, se biodegradan muy mal. El análisis de las rutas de biodegradación existentes en la naturaleza, y de las comunidades microbianas que participan en el proceso, aporta una información muy valiosa para afrontar los problemas de contaminación del medio ambiente. La identificación de los aspectos limitantes que dificultan la biodegradación ofrece vías para mejorar procesos de descontaminación. La biodegradación de muchos compuestos tóxicos requiere la participación de comunidades microbianas formadas por bacterias de diversas especies, cada una de las cuales realiza una función en el proceso. La interacción entre ellas, y la respuesta de cada una a cambios en el medio ambiente, sigue pautas complejas que se comprenden mal, y que es necesario elucidar en detalle. El conocimiento de estos procesos está dificultado por el hecho de que sólo pueden cultivarse en el laboratorio menos de un 10% de las especies microbianas existentes en la naturaleza. El aislamiento y caracterización de genes con actividades útiles en procesos biotecnológicos, pero que pertenecen a microorganismos no cultivables en el laboratorio, puede

lograrse aislando el DNA directamente de muestras de suelo, agua, etc, sin necesidad de cultivar los microorganismos implicados (metagenómica).

Por otro lado, muchas comunidades microbianas importantes en biorremediación establecen interacciones con otros organismos, por ejemplo con plantas. Estas interacciones se conocen mal, a pesar de su importancia y de que su control puede dar lugar a nuevas aplicaciones biotecnológicas. Finalmente, es importante destacar que muchos de los enzimas de rutas de biodegradación tienen aplicaciones en el desarrollo de sistemas de biotransformación para obtener compuestos de interés a partir de materias primas, o de productos de desecho.

Los microorganismos tienen muchas aplicaciones en la síntesis de determinados compuestos químicos por biotransformación. Estos procesos son importantes como método alternativo a la química orgánica en sectores como la química fina o la industria farmacéutica. Existen muchos subproductos de carácter orgánico, generados principalmente por empresas del sector agroalimentario, que pueden valorizarse a través de procesos biotecnológicos (procesos enzimáticos, de fermentación, o de biotransformación con microorganismos) para obtener productos de valor añadido utilizables en el campo alimentario, cosmético, nutracéutico o de química fina. La manipulación mediante ingeniería genética de los sistemas enzimáticos que intervienen puede aumentar la eficiencia de estas biotransformaciones o modificar su especificidad. Para esto es muy importante la elucidación de la estructura y función de los enzimas de interés, porque permite diseñar cambios en esta estructura que modifiquen la actividad en la dirección deseada (mayor estabilidad, distinta especificidad, funcionamiento a temperaturas extremas, etc.).

Los microorganismos tienen un papel relevante en el sector agroalimentario. Distintos grupos microbianos intervienen como iniciadores en la elaboración de muchos alimentos y bebidas fermentadas, y también en la producción de aditivos y coadyuvantes alimentarios. Durante años se ha analizado la biodiversidad microbiana para buscar nuevos microorganismos capaces de mejorar estos procesos. Más recientemente se ha comenzado a usar técnicas de ingeniería genética para mejorar las propiedades de los mismos, dando lugar a nuevos alimentos y metabolitos de interés agroalimentario. Resulta por lo tanto de especial interés aplicar técnicas de ingeniería metabólica que generen nuevos iniciadores capaces de incrementar o modificar las propiedades organolépticas y nutricionales de alimentos y bebidas, o producir metabolitos con mayor potencial tecnológico. Por otro lado, algunos microorganismos son patógenos para plantas cultivables y animales de interés en ganadería y acuicultura, y algunos virus infectan cultivos iniciadores industriales generando grandes pérdidas económicas. El diseño racional de futuras estrategias de protección requiere un conocimiento molecular detallado de las interacciones huésped-patógeno.

Las líneas de actuación en biotecnología de microorganismos y bioprocesos son las siguientes:

- 1) Caracterización de nuevas dianas microbianas para el diseño de nuevos antibióticos y otros productos antimicrobianos.
- 2) Aplicaciones de la ingeniería genética a la mejora y generación de nuevos compuestos bioactivos.
- 3) Estudio de las bases moleculares de los mecanismos de resistencia a antibióticos y a otros compuestos antimicrobianos.
- 4) Caracterización molecular de los mecanismos de patogenicidad y/o simbiosis de microorganismos en humanos, animales y plantas.
- 5) Biorremediación. Estudio de rutas de biodegradación y del funcionamiento de comunidades microbianas en el ámbito de la biorremediación.
- 6) Identificación de nuevas actividades microbianas de interés biotecnológico mediante técnicas de alto rendimiento y de metagenómica.
- 7) Biotransformaciones e ingeniería de estos procesos. Utilización y diseño de microorganismos y enzimas para la obtención de moléculas y productos de interés industrial, con especial énfasis

en métodos que impliquen modificaciones genéticas. Ingeniería metabólica mediante ingeniería genética de microorganismos.

- 8) Ingeniería genética de proteínas dirigida a la mejora enzimática y biocatálisis.
- 9) Revalorización de productos y de subproductos industriales para la generación de productos de aplicación industrial o biocombustibles mediante nuevas aproximaciones biotecnológicas, o mediante el uso de microorganismos con propiedades nuevas.

3.2 Biotecnología de Plantas

Durante los últimos años la aplicación de la Biotecnología en el mundo vegetal ha resultado fundamental en la obtención de mejoras en el rendimiento y producción de los productos agrícolas de manera más rápida, precisa y predecible que en el caso del cultivo convencional de plantas. También ha contribuido de manera esencial a la obtención de resistencias a plagas y microorganismos que hubieran sido largas y tediosas y a veces imposibles de conseguir mediante las técnicas tradicionales de cruzamiento. Estas líneas de actuación, si bien muy importantes, han incidido básicamente en la cadena primaria de producción (p.ej.: empresas productoras de semillas) y por tanto la percepción de su utilidad por parte del consumidor ha sido mas bien escasa. Una línea de actuación más reciente de la Biotecnología Vegetal ha sido la modificación del genoma de las plantas para conseguir un valor añadido al producto final como puede ser el caso del aumento de los niveles de vitaminas y minerales en determinados cultivos y la producción de nutraceuticos y fármacos. La obvia aplicación en salud humana de estas nuevas aproximaciones está cambiando de manera importante la percepción pública de la transgénesis en plantas.

Un paso esencial, aunque no excluyente, en la aplicación de la Biotecnología en plantas radica en la disponibilidad de métodos de transformación genética de las especies de interés. Aunque en muchos casos se ha realizado un progreso importante en la estandarización de los métodos de transformación es evidente que todavía existen especies y variedades de interés agrícola recalcitrantes a la misma. Se deben recoger propuestas que o bien desarrollen técnicas de transformación para este tipo de variedades o que introduzcan elementos de novedad significativos, más compatibles con los requerimientos actuales. En este sentido se englobarían los vectores de transformación que hacen uso de promotores inducibles o no constitutivos, el uso de metabolitos secundarios como marcadores de seguimiento alternativos a los antibióticos o la incorporación del transgen en cloroplastos que conlleva una herencia materna y evita por tanto el posible escape de genes del cultivo transgénico a través del polen.

Se atenderá de manera importante al diseño de plantas transgénicas como factorías de generación de energía y de productos del metabolismo primario ó secundario con un interés aplicado, ó productoras de nuevas moléculas de interés alimentario, industrial o terapéutico. En este contexto, se contemplarán no solo aquellos diseños que conlleven una sobreproducción de los productos, sino también que faciliten su posterior fraccionamiento y purificación.

Una línea adicional de actuación de la Biotecnología vegetal reside en conseguir cambios en el transcriptoma y/o proteoma de un determinado cultivo sin necesidad de incorporar genes heterólogos procedentes de otros organismos o plantas. El estudio de las rutas y elementos de regulación constituye pues una línea prioritaria de actuación ya que permitirá controlar con gran precisión la expresión de genes con una función clave en el proceso de interés, y en consecuencia aumentar o disminuir los niveles de acumulación del producto correspondiente, ó controlar su acumulación en un nuevo tejido, ajuste éste último altamente específico y prácticamente imposible de conseguir con los métodos convencionales de cultivos de plantas.

En los últimos años se ha puesto claramente de manifiesto que determinadas plantas son capaces de acumular metales contaminantes tales como arsénico, cadmio, mercurio, cobre y zinc. Estos metales habitualmente no pueden ser convertidos a formas no tóxicas por medios químicos por lo que su elimi-

nación del suelo implica necesariamente la excavación del mismo y su almacenamiento confinado en lugares apropiados. Este procedimiento es caro y muy perjudicial para el medio ambiente. Las plantas pueden utilizarse como fitorremediadoras al concentrar los metales contaminantes en sus hojas o tallos, pudiendo fácilmente cosecharse e incinerarse de manera relativamente barata. Se contemplan aproximaciones que mediante la introducción de genes bacterianos o la modificación del genoma de la planta optimicen la acumulación de los citados metales contaminantes o los procesos posteriores para su eliminación. En esta misma línea, se incluyen aproximaciones que, mediante la modificación genética de la planta, generen nuevas variedades capaces de incorporar sub-productos sin interés comercial y metabolizarlos en productos aprovechables por sí mismos, ó como intermediarios útiles en procesos anabólicos ó de síntesis. No se contempla en este apartado la selección ó la evaluación a gran escala de nuevos candidatos como potenciales fitorremediadores ó adecuados en procesos de biotransformación dado que estas actuaciones están recogidas en otros Programas Nacionales.

En líneas generales el área de la Biotecnología Vegetal comprende dos líneas de actuación de diferente percepción temporal y temática. Por un lado debe sustentar aproximaciones a la generación de conocimiento básico encaminadas a la clarificación de los procesos de desarrollo de las plantas y su adaptación a procesos que perturban un normal desarrollo de éstas (estreses de tipo biótico y abiótico) incluyendo las rutas de señalización que median ambos procesos. Esta generación de conocimiento debe ir ligado a una previsión razonable de posible transferencia al sector agroalimentario. Por otro lado debe contemplarse la modificación genética de las plantas, así como la optimización de los procesos ligados a dicha modificación, a fin de conseguir un aprovechamiento más adecuado y más o menos inmediato de los recursos que se generen. Es obvio que muchos organismos vegetales ofrecen una gran cantidad de recursos inexplorados y que por tanto no están siendo aprovechados en la actualidad. En consecuencia, como complemento a esta directriz, se sustentará la explotación mediante aproximaciones genómicas de la variabilidad natural vegetal, con la finalidad de definir nuevas fuentes naturales de caracteres con un posible interés biotecnológico.

A pesar de que la línea de actuación del programa debe ir dirigida a impulsar la utilización de una aproximación basada fundamentalmente en la biotecnología y modificación genética para el desarrollo de nuevas variedades de interés aplicado, la situación de la biotecnología de plantas es particularmente complicada debido a la dificultad actual en el uso de organismos modificados genéticamente por parte de las empresas. A fin de no excluir las iniciativas empresariales de este programa se contemplará una línea de actuación especialmente dirigida a las empresas que dará cabida a estrategias de generación de variedades de interés agrícola y forestal en la que solo parte de estas estrategias incluyan la modificación genética.

Las líneas de actuación en biotecnología vegetal son las siguientes:

- 1) Diseño y generación de organismos modificados genéticamente como modelos experimentales y/o de interés en agricultura. Desarrollo de nuevos vectores y métodos de transformación en especies de interés agrícola y forestal. Desarrollo y utilización de diferentes herramientas de carácter biotecnológico, especialmente la transgénesis, para la obtención de nuevas especies y variedades no susceptibles de ser obtenidas mediante métodos convencionales.
- 2) Análisis funcional de los procesos de desarrollo y adaptación medioambiental de las plantas, susceptibles de ser explotados biotecnológicamente.
- 3) Utilización de plantas y/o sistemas celulares como 'factorías' de generación de energía y de producción de sustancias de interés agroalimentario, industrial y terapéutico. Implementación de su producción mediante modificación genética así como la optimización de los métodos de purificación de las mismas.

- 4) Optimización mediante modificación genética de las plantas como organismos biorremediadores de ambientes contaminados. Caracterización molecular de los mecanismos implicados en el potencial descontaminante en especies con alta capacidad biorremediadora.
- 5) Análisis funcional de la respuesta de la planta frente a estreses abióticos y bióticos. Identificación de genes y circuitos reguladores susceptibles de aplicación biotecnológica. Análisis de los procesos de interacción simbiótica y patogénica entre microorganismos y plantas.
- 6) Utilización de técnicas de alto rendimiento para el estudio del metabolismo primario y secundario de plantas como fuente potencial de nuevas sustancias con interés industrial, alimentario y terapéutico.
- 7) Explotación de la variabilidad natural vegetal mediante aproximaciones genómicas como fuente de nuevos caracteres de interés biotecnológico.

3.3 Biotecnología Humana y Animal

En el momento presente, la Biotecnología, basándose en la generación y aplicación de conocimiento científico y tecnológico, se ha convertido en un sector industrial de excepcional importancia tanto en el área de salud humana y animal como en la de mejora de la producción animal (ganadera y acuícola). Resulta, pues, imprescindible el establecimiento de una Prioridad Temática en Biotecnología Humana y Animal enfocada al desarrollo, mejora y aplicación de tecnologías críticas que tengan su proyección en este campo.

El área de diseño de nuevos modelos animales prioriza el desarrollo u optimización de métodos y tecnologías, con especial énfasis en tecnologías de alto rendimiento, con objeto de desarrollar, de un modo más rápido y eficaz, modelos animales de utilidad en las mencionadas áreas de salud humana y animal y producción ganadera y acuícola. Entre los métodos posibles, aunque de modo no restrictivo, se incluyen nuevas metodologías (utilización de vectores virales, RNAs de interferencia, nuevas recombinasas e integrasas, mejoras en los métodos de clonación, etc..) para la obtención de animales transgénicos, *knock-out*, *knock-in* o de alto valor añadido.

El área de modelos animales para salud humana, comprenderá la generación de nuevos modelos de patologías humanas, modelos útiles para la validación de dianas terapéuticas para el desarrollo de nuevos fármacos y para el diseño de nuevos abordajes terapéuticos. También se incluyen la obtención y uso de animales portadores de tejidos humanos con fines similares a los descritos.

El apartado de modelos animales de aplicación en salud y producción animal englobará el diseño de animales, tanto modelo como de interés industrial, como sistemas de producción, de utilidad, por ejemplo para el estudio de patologías animales y el ensayo de nuevos tratamientos, o que mejoren la productividad de los sectores ganadero y acuícola.

Por otra parte, las nuevas tecnologías genómicas, proteómicas y bioinformáticas abren nuevas posibilidades de estudiar los mecanismos que permitan mejorar la resistencia a enfermedades o el rendimiento de la producción animal.

Los recientes avances en biología molecular y celular están permitiendo una mejora en los tratamientos, utilizando terapias celulares, regeneración o reconstitución de tejidos y órganos, por lo que el desarrollo de tecnologías capaces de facilitar estas terapias, tendrán un importante valor en el futuro.

La corrección de defectos genéticos mediante la transferencia de genes, terapia génica, es una vía clave que permitirá solucionar tanto enfermedades congénitas como patologías adquiridas en humanos y, en el futuro, en animales de alto valor. Dada la diversidad de las características tanto de los diferentes tipos de células o tejidos como de las patologías a corregir y las limitaciones de los vectores existentes, es necesario desarrollar tanto nuevos tipos de vectores como optimizar los existentes, incrementando su especificidad celular y tisular y su nivel de expresión, así como desarrollar sistemas de expresión con-

trolable. Además, a la vista de los casos aparecidos recientemente de generación de tumores potencialmente achacables a mutagénesis insercional, es necesario diseñar técnicas que permitan controlar el sitio de inserción en el genoma de los vectores integradores.

Existe un interés creciente en el desarrollo de métodos de detección capaces de dar repuestas rápidas, estandarizadas y fiables, para el diagnóstico y pronóstico de enfermedades humanas y animales. En los próximos años es esperable el desarrollo de nuevos métodos de diagnóstico basados en aplicaciones genómicas, proteómicas y bioinformáticas, que jugarán un papel importante en el desarrollo, optimización y abaratamiento de la determinación de factores como la susceptibilidad individual, la detección precoz y la respuesta individual a fármacos, contribuyendo, así, de modo sustantivo a la mejora de la salud.

La secuenciación del genoma humano, así como la de otras especies del reino animal, está introduciendo cambios profundos en la forma de entender y abordar aproximaciones biotecnológicas para dar soluciones a problemas planteados en el campo de la salud humana y en los sectores ganadero y acuícola, y también está facilitando el desarrollo de moléculas bioactivas. Por una parte, se relacionará la variabilidad de secuencias a nivel génico entre individuos con su capacidad adaptativa, su susceptibilidad o resistencia a enfermedades y su respuesta a tratamientos. Por otra parte se avanzará en el entendimiento de la relación entre la alteración de los genes y sus patrones de expresión y un número creciente de enfermedades o de caracteres explotables biotecnológicamente. La existencia de enfermedades de gran relevancia socio-sanitaria, en salud humana y animal, para las que hoy no se dispone de medios preventivos y terapéuticos eficaces, entre ellas las nuevas enfermedades emergentes de transmisión animal-humano, hace que el desarrollo de estos medios se convierta en objetivo prioritario de este programa. La aplicación a este área de las nuevas herramientas genómicas y proteómicas permitirá el desarrollo de nuevos agentes más eficaces y seguros para la prevención y el control de enfermedades humanas y animales. Por ejemplo, se contemplará el tratamiento a través de medicinas individualizadas, así como un más rápido control de las patologías emergentes. Dichos desarrollos, junto con la explotación de la variabilidad natural, permitirán comprender con más detalle los determinantes genéticos y su instrumentalización para acometer nuevas aproximaciones biotecnológicas que mejoren la salud humana y animal y la producción ganadera y acuícola.

Las líneas de actuación en biotecnología humana y animal son:

- 1) Desarrollo de tecnologías innovadoras para el diseño y obtención de nuevos modelos animales en salud humana y en salud y producción animal. Uso de tecnologías genómicas y proteómicas para la mejora de especies de interés ganadero y acuícola.
- 2) Diseño, desarrollo y mejora de tecnologías para terapia celular e ingeniería de tejidos. Células madre y células somáticas para terapia celular. Optimización de condiciones de cultivo y amplificación ex vivo. Producción de tejidos y órganos humanos (autólogos y alogénicos). Diseño de materiales sintéticos que contengan biomoléculas o células para su aplicación en reparación y regeneración tisular.
- 3) Transferencia y modificación genética. Desarrollo de nuevos vectores virales y no virales. Optimización de nuevas rutas de administración. Nuevas tecnologías para la modificación del tropismo celular y tisular. Desarrollo de nuevos sistemas de control de la expresión génica. Desarrollo de sistemas que permitan controlar el sitio de integración de vectores integradores.
- 4) Desarrollo de nuevos métodos genómicos, proteómicos, metabolómicos y bioinformáticos de detección. Aplicación para el diagnóstico molecular, el pronóstico de enfermedades y la respuesta individual a fármacos. Desarrollo de métodos no invasivos de detección precoz y seguimiento de disfunciones y patologías. "Microarrays" y "chips" de ADN, técnicas de genotipación y secuenciación ultrarrápida.

- 5) Desarrollo de nuevos tests in vitro para la sustitución de los animales de experimentación.
- 6) Desarrollo de agentes terapéuticos de base biotecnológica. Nuevos métodos para la identificación de dianas terapéuticas. RNAs de interferencia, anticuerpos monoclonales y proteínas recombinantes. Sistemas de transporte y liberación de moléculas bioactivas.
- 7) Vacunas preventivas y terapéuticas: vacunas recombinantes, basadas en subunidades proteicas, microorganismos modificados ó ácidos nucleicos. Nuevos vectores vacunales.
- 8) Farmacogenética, farmacogenómica y nutrigenómica.

3.4 Desarrollos Tecnológicos Horizontales

La Biotecnología es un área donde el desarrollo tecnológico tiene un carácter marcadamente horizontal que es absolutamente fundamental para vertebrar y movilizar los conocimientos científicos. Las nuevas tecnologías han permitido que la extensión de la base de conocimientos se haya visto seguida de una rápida transformación en métodos y productos de uso práctico a nivel económico y social. El anterior Programa Nacional de Biotecnología planteó la importancia de la generación de tecnologías clave para el desarrollo de la Genómica y la Proteómica. La actuación del actual Programa se enmarca en lo que se ha denominado "era postgenómica", caracterizada por un desarrollo acelerado de herramientas y una producción exponencial de conocimientos tanto del genoma como del proteoma de microorganismos, plantas y animales. Es evidente que el control y el mejor aprovechamiento de los procesos celulares requiere disponer de la mayor cantidad posible de información genómica del organismo, de sus componentes fundamentales (número, estructura, interacciones), así como de sus perfiles metabólicos. Sin embargo, la sola generación de este conocimiento no es suficiente, toda vez que hay que generar sistemas inteligentes para almacenar y usar esta información masiva.

Para promover las actuaciones de los grupos españoles en estas actividades se propone una prioridad temática de marcado carácter horizontal encaminada a la generación de herramientas y métodos que puedan aplicarse en una amplia gama de objetivos temáticos. Para ello se articula la propuesta alrededor del desarrollo e implementación de una serie de tecnologías clave que pretenden cubrir de forma general las necesidades tecnológicas derivadas de los objetivos temáticos propuestos en apartados anteriores.

La generación de datos genómicos, pieza clave no sólo en la descripción de la información genética de animales y plantas de interés, sino también en aproximaciones al diagnóstico y terapia molecular, requiere del desarrollo de tecnologías de análisis y secuenciación génica de alto rendimiento. Estas actuaciones se deberán complementar con métodos informáticos de integración de los datos masivos, que deberán ir más allá del almacenamiento inteligente de los datos para avanzar en su comparación, y clasificación, y en el desarrollo de métodos de tratamiento de la información.

El avance de la genómica estructural y funcional requerirá el estudio de sistemas de expresión génica y producción dirigida de proteínas recombinantes. El análisis avanzado del proteoma demanda incidir en el desarrollo de tecnologías de separación e identificación de proteínas. Los métodos basados en combinaciones cromatográficas y de espectrometría de masas jugarán un papel importante en este aspecto. Por otra parte es necesario avanzar en la implementación de métodos de cristalización de proteínas a media y gran escala, así como en la extensión de los métodos de alto rendimiento para determinación estructural (difracción de rayos X, resonancia magnética nuclear). Los estudios estructurales dirigidos al análisis sistemático de complejos de proteínas y factores reguladores, fármacos, etc son un aspecto clave para el diseño y refinamiento de nuevos productos de interés socio-económico. Los métodos de alto rendimiento, junto con el empleo de nuevas fuentes de radiación y espectrómetros de alto campo, pueden jugar un papel importante en este campo.

La definición del proteoma requiere una etapa de determinación de interacciones entre las proteínas y un análisis de interacción entre éstas y librerías combinatoriales. Se debe avanzar en la generación de "protein arrays" y métodos de alto rendimiento de doble híbrido para generar mapas de interacción que permitan abordar el análisis de procesos celulares y el diseño de compuestos que interfieran con ellos.

Es evidente que la Bioinformática es una base tecnológica que está implicada en muchos de los desarrollos anteriormente expuestos. La predicción de estructura a partir de secuencias, la identificación de funciones por comparación y análisis sistemático, el modelado y refinado de compuestos y sus interacciones con proteínas de interés, entre otros, son algunos de los aspectos en los que se debe seguir avanzando decididamente. Por otra parte, el estudio de los datos masivos generados por la genómica funcional y la metabolómica requiere el desarrollo de métodos para el tratamiento y análisis de la información que permitan extraer los resultados relevantes de forma directamente interpretable. Otro aspecto que es necesario abordar en estos desarrollos es su accesibilidad. La generación de datos masivos en sitios dispersos recomienda estructurar los centros de tratamiento bioinformático en redes que integren los grupos de desarrollo y servicio.

El desarrollo de nuevos dispositivos y metodologías biotecnológicas para el análisis, la detección y la identificación de sustancias y especies constituye un aspecto horizontal de gran importancia en el desarrollo del Programa. En este sentido, se debe potenciar la convergencia y la colaboración multidisciplinar en biotecnología, tecnología electrónica y química analítica, con el objeto de conseguir la producción e integración eficaz de reactivos biotecnológicos de altas prestaciones analíticas (sondas génicas, anticuerpos monoclonales y recombinantes, enzimas modificadas) con los modernos transductores surgidos de los últimos avances de la electrónica, la optoelectrónica y las nanotecnologías. Esta convergencia debe dar como resultado la generación de nuevas y más poderosas herramientas bioanalíticas para el ensayo y el diagnóstico, tales como los biosensores, a los que la miniaturización y una elevada capacidad de análisis aportarán un gran valor añadido. Los nuevos biorreactivos, trazadores y biosensores encontrarán amplias e inmediatas aplicaciones en los campos de la salud humana y animal, así como en los sectores agroalimentario y medioambiental, donde estas nuevas metodologías analíticas ya están siendo fuertemente demandadas. Para ello es necesario desarrollar sistemas que permitan la realización de análisis complejos en entornos de alta carga de trabajo y medios tecnológicos limitados, tales como clínicas, tareas de campo en sectores agropecuario y medioambiental y laboratorios de control en industrias alimentarias, entre otros.

La actuación en las líneas propuestas debería generar a lo largo del periodo de duración del Programa Nacional una serie de grupos expertos con tecnologías avanzadas. Algunos de estos grupos pueden agruparse y generar plataformas tecnológicas que optimicen la adquisición de equipos y el uso adecuado de los métodos desarrollados e implementados. Estas plataformas pueden ofertar servicios avanzados a otros grupos de investigación y a empresas, aspecto importante para la materialización de la transferencia tecnológica. Alternativamente, las tecnologías y/o los grupos que las desarrollan pueden integrarse en Centros Tecnológicos, donde la función servicio e interacción con empresas tendría una definición mucho más evidente. La generación de técnicas y métodos con aplicaciones en el análisis genómico y preteómico debe dar lugar a la creación de empresas a partir de grupos de investigación en el sector público ó en los proyectos de colaboración empresa-grupo de centro público. Esta actividad se verá especialmente apoyada a nivel normativo y económico. Por otra parte, la generación de herramientas de trazabilidad, diagnóstico, procesos y productos de alto valor añadido deben ser resultados fácilmente evaluables en el desarrollo del Programa.

A más largo plazo, las actuaciones propuestas en esta prioridad temática deberán propiciar al tejido científico-tecnológico del país con el fomento de una red de centros de alta tecnología avanzada dotados de personal con alta cualificación que permitirá abordar en condiciones competitivas los retos tec-

nológicos futuros. Asimismo, es previsible la creación de una serie de empresas de alta tecnificación en sectores farmacéutico, salud humana y animal y agroalimentario. La existencia de redes bioinformáticas dará acceso a la e-ciencia en un futuro próximo y facilitará el acceso descentralizado a los avances técnicos sin restricciones geográficas. Por otra parte, la generación de grupos con tecnologías de análisis estructural de alto rendimiento permitirá el mejor aprovechamiento de futuras instalaciones de radiación sincrotrón y espectrómetros de alto campo, aspectos que pueden ser claves para el acercamiento de la industria a estas instalaciones de alto nivel.

Las líneas de actuación en los desarrollos tecnológicos horizontales son:

- 1) Aproximaciones genómicas, proteómicas y metabolómicas, para explotar la variabilidad natural de los seres vivos.
- 2) Mejora de los métodos para la producción de proteínas recombinantes en sistemas celulares y acelulares.
- 3) Tecnologías "high throughput" en genómica, proteómica y metabolómica.
- 4) Estudios estructurales para el diseño y refinamiento de productos de interés biotecnológico. Modelado y refinamiento de biomoléculas de interés farmacológico. Análisis estructural de macromoléculas a media y gran escala. Estudio de cambios conformacionales implicados en interacciones. Estudio de complejos entre proteínas y diversos factores.
- 5) Bioinformática: Estudio y tratamiento de secuencias de DNA y proteínas. Predicción y modelado de estructura de proteínas, diseño de moléculas bioactivas, bioinformática aplicada en genómica funcional y metabolómica, tratamiento de la información.
- 6) Herramientas de detección, identificación y diagnóstico, especialmente en su vertiente de alto rendimiento y multianálisis. Biorreactivos, biosensores, integración con transductores electrónicos y opto-electrónicos.
- 7) Mejora de los métodos para identificación molecular de especies, razas y variedades. Desarrollo de herramientas biotecnológicas para trazabilidad.

ACCIONES ESTRATÉGICAS

Se han identificado dos Acciones Estratégicas a desarrollar durante este Programa Nacional, una relativa a una ampliación hacia Metabolómica de la actual Acción Estratégica de Genómica y Proteómica, así como una Acción Estratégica transversal de e-ciencia, que implica a este programa, al de Tecnologías Electrónicas y de Comunicaciones y al de Tecnologías Informáticas, y que se desarrolla de forma transversal entre áreas temáticas.

Acción Estratégica en Genómica, Proteómica y Metabolómica

En los últimos años se ha producido un gran desarrollo de las herramientas genómicas que han posibilitado por un lado la determinación de las secuencias genómicas de un cada vez mayor número de organismos. Por otro lado, la incorporación de herramientas proteómicas ha facilitado la monitorización de los niveles y modificaciones de todas las proteínas de una célula o conjunto de células. Sin embargo, dados los diferentes mecanismos de regulación que operan a nivel post-transcripcional y post-traduccional, así como las sofisticadas interconexiones existentes entre las diferentes rutas de regulación, es evidente que la expresión génica no puede ni debe entenderse únicamente en términos del análisis del transcriptoma y del proteoma. Parece más que evidente que se hace necesario un análisis detallado de los metabolitos existentes en una célula o en un conjunto de células para obtener una información más operativa de los distintos sistemas biológicos. Para la mayoría de los genomas determinados no se

han podido anotar un significativo número de genes, por la carencia de homología a genes de otros organismos. Además, para la mayor parte de los genes no existe prueba experimental de que la anotación sea correcta. La aplicación de la metabolómica en este contexto contribuiría sin duda a identificar la función de muchos de estos genes.

La generación de perfiles metabolómicos puede ayudar en gran medida a identificar potenciales dianas en el control de las enfermedades al facilitar la caracterización de actividades y genes importantes en el progreso de las enfermedades o el mantenimiento de la salud. El desarrollo y aplicación de los estudios metabólicos puede ser muy útil en la identificación de compuestos vegetales beneficiosos para la salud y en determinar cambios metabólicos en humanos en respuesta a la dieta.

Por otra parte el análisis del metaboloma puede conllevar importantes beneficios en Biotecnología. Desde una perspectiva biotecnológica la producción de metabolitos específicos para aplicación industrial está en muchos casos restringida debido fundamentalmente al carácter impredecible de los organismos vivos y a la sofisticación de sus redes metabólicas. La integración de tecnologías metabólicas con las genómicas y proteómicas harán sin duda más fiables las aplicaciones industriales biotecnológicas.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

En cuanto a la estrategia relativa a la creación de nuevos Centros, incluyendo centros de excelencia, se considera que la primera prioridad es aumentar el espacio general de laboratorios con que éstos cuentan, pasándose después a una política de creación de nuevos Centros en base a proyectos concretos integradores que permitan un uso efectivo de las Infraestructuras. En efecto, el Área de la Biotecnología se ha caracterizado en nuestro país por una gran capacidad de movilización de investigadores así como por una muy buena integración en el marco comunitario. Todo esto ha redundado en un aumento de investigadores en el Área que no encuentran acomodo en los espacios existentes. Por el contrario, la situación relativa a la creación de nuevas instalaciones es radicalmente distinta, detectándose una carencia en infraestructuras claves así como una falta de coordinación entre las ya existentes. En el resto de este apartado nos centraremos en el análisis de las infraestructuras que se propone crear.

Se propone la generación de Plataformas Tecnológicas. Estas Plataformas Tecnológicas se definen como servicios altamente especializados, que albergan infraestructuras de equipamiento medio y grande, abiertas tanto a la investigación pública como privada, con un claro protocolo de acceso, con una dotación de personal técnico de alto nivel en continua formación, y que sirva de soporte de infraestructura a proyectos de investigación de calidad que requieran para su uso del asesoramiento individualizado del personal técnico. Se hace especial énfasis en la potenciación de su coordinación y en el establecimiento de una estructura adecuada de gestión localizada. Tanto el Programa Nacional de Biomedicina, como el de Biología Fundamental coinciden con la identificación de la necesidad de estas unidades tecnológicas, en algunos casos con las mismas misiones de actividad. Por otra parte, estas plataformas estarán sometidas a evaluación y seguimiento que permita su puesta al día permanente y la actualización de sus recursos instrumentales y humanos. Estas plataformas, especialmente si adquieren un carácter Inter-Institucional, racionalizarían la inversión en equipos instrumentales costosos y garantizarían el acceso a las nuevas metodologías en un régimen de servicio y/o proyecto de investigación conjunto. Un aspecto fundamental en estas Plataformas sería su coordinación para evitar la repetición de adquisición de recursos, etc. Entre las Plataformas Tecnológicas se podrían contemplar Unidades de genómica, proteómica, metabolómica, análisis de estructuras, biocomputación e instalaciones de alta seguridad biológica, así como instalaciones para la producción y el análisis de animales modificados genéticamente (incluyendo tanto el análisis fenotípico como el metabolómico). Se apuesta, pues, por la estrategia de potenciar fuer-

temente un reducido número de Plataformas Tecnológicas generales en cada área con una voluntad clara de servicio a la comunidad y pautas claras de acceso.

Se ha detectado la necesidad de dotación de una serie de infraestructuras que son imprescindibles para la realización de proyectos en el marco de este Programa. El trabajo tanto con organismos modificados genéticamente como con patógenos requiere que se consideren la dotación y equipamiento de laboratorios con nivel de seguridad P3, la puesta en marcha de invernaderos y campos de experimentación para la evaluación de plantas transgénicas (coincidiendo con la identificación realizada en el Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias), la adecuación de instalaciones para la producción, mantenimiento y experimentación con animales modificados genéticamente, así como nuevas infraestructuras para la producción de vectores virales.

Todas estas infraestructuras y Plataformas Tecnológicas deben ubicarse en entornos académicos y empresariales donde se genere una necesidad real de las mismas. No es conveniente llegar a una atomización de servicios que, con las disponibilidades económicas previsibles, impida de facto la existencia de tecnología punta en ninguno de los centros. El número de plataformas debe estar definido por la necesidad de los usuarios y la adecuada disponibilidad presupuestaria para su funcionamiento. El acceso de cualquier investigador público y privado a estas Plataformas Tecnológicas que desarrolle su investigación en el marco de este Plan Nacional debe de quedar garantizado mediante los adecuados protocolos de acceso y funcionamiento.

La especial característica de estas Plataformas aconseja su inclusión dentro de la Prioridad Temática de Desarrollos Tecnológicos Horizontales para facilitar su gestión y adecuada coordinación.

Por otra parte, como elemento importante para favorecer la dinámica de generación de empresas biotecnológicas, será necesario establecer mecanismos de apoyo a la dotación de bioincubadoras.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

5.1 Recursos humanos

La dotación de recursos humanos es un aspecto de importancia capital para el Programa. Dentro de estas acciones se contemplan con la máxima prioridad la contratación de técnicos (de grado medio y superior) en nuevas tecnologías, así como flexibilización de las medidas de contratación tanto para los proyectos como para las entidades gestoras de las plataformas tecnológicas. En segundo lugar se deben incentivar, en entidades públicas y privadas, las acciones de contratación de personal pre y postdoctoral, incluyendo medidas de flexibilización de horquillas salariales.

Por otra parte se requiere la estabilización de un programa de contratación a medio plazo de personal investigador para dotar de la suficiente proyección y continuidad a los proyectos de investigación.

Es necesario apoyar iniciativas relacionadas con acciones de formación dirigidas a:

- Formación de Bioemprendedores que combinen conocimientos científicos, de ingeniería y de gestión empresarial.
- Especialización profesional en bioinformática, bioingeniería, bioprocesos, etc..

5.2 Promoción del conocimiento

Como se ha indicado, especialmente en la definición del ámbito del programa, la investigación básica en Biotecnología tiene cabida en este Programa Nacional. Ahora bien, también se ha expresado el carácter de transferibilidad de este Programa. Estas dos últimas expresiones, que parecen contrapues-

tas, pueden perfectamente reconciliarse indicando que en este Programa Nacional los proyectos se espera que tengan un horizonte de aplicabilidad, aunque éste pueda no ser a corto plazo.

5.3 Apoyo a la creación de bioempresas

Este importante aspecto del Programa tiene como objetivo aprovechar el crecimiento exponencial del conocimiento científico en el área de las ciencias de la vida, donde España cuenta con científicos de excelencia y jóvenes investigadores con potencial emprendedor, e incorporar masiva y aceleradamente las tecnologías transversales que ofrece la revolución biotecnológica en los tres grandes sectores socio-económicos que dependen de ella: Salud, Agroalimentación y Medio Ambiente. Todo ello a través de acciones referidas al diseño e implantación de instrumentos específicos favorecedores de la generación de bioempresas y de la creación de bioincubadoras. La adecuada realización de estas acciones conlleva la conveniencia de flexibilización del marco normativo para su ejecución óptima.

Dado el carácter de “aplicabilidad” y “transferibilidad” –a un plazo corto, medio y largo– de los resultados de los proyectos que se presenten en el Programa Nacional de Biotecnología, es natural que se plantee una fuerte necesidad de mecanismos que potencien esta transferibilidad.

En concreto, es necesario contar con servicios capaces de analizar de una forma continua los resultados de la investigación, tanto de cara a iniciar estudios de viabilidad de posibles patentes, como de cara a una búsqueda proactiva dentro y fuera de España de empresas susceptibles de interesarse en el uso de los resultados obtenidos en este Programa Nacional. En el apartado de la producción de patentes, debe quedar claro que el objetivo no es en sí mismo la presentación de patentes sino iniciar todos los trámites asociados a una petición de patente cuando se haya realizado un estudio previo de su viabilidad, de forma que existan fundadas posibilidades de que dichas patentes puedan ser licenciadas.

Estos servicios de apoyo a la valorización de la I+D pueden pasar por una mayor potenciación de la Red de OTRIS, o bien pueden requerir el establecimiento de estructuras más específicas, dependiendo del entorno.

Así mismo, se considera especialmente importante apoyar esta “aplicabilidad” y “transferibilidad” mediante un adecuado soporte a medidas de formación de bioemprendedores y de creación de bioempresas.

Hay que resaltar el importante papel de los Centros Tecnológicos en la transferencia y valorización de la I+D por parte de las empresas, dada su cercanía a ellas, su conocimiento de las mismas y su facilidad de comunicación. Se potenciará su participación activa en la difusión de resultados y la transferencia tecnológica.

Se promoverán acciones destinadas a coordinar los estudios realizados desde perspectivas socio-económicas en la evaluación del impactos de los proyectos de I+D, desarrollo tecnológico e innovación.

5.4 Cooperación internacional

En general, el Programa se enmarca bien en el actual Programa Marco, como también se ha enmarcado bien en los anteriores. Dentro del Programa Nacional de Biotecnología del Plan Nacional 2000-2003, ya se ha iniciado una primera experiencia de apertura multinacional de programas en la Prioridad Temática de Biotecnología de Plantas, que lógicamente debería potenciarse a lo largo del presente Programa a medida que se gane experiencia en las medidas de apertura de programas. Se sugiere explorar las posibilidades de apertura multinacional en las prioridades Vacunas en Sanidad Animal, Genómica Microbiana y en Bioinformática.

Cabe indicar que una posible acción de internacionalización puede realizarse en la coordinación con los países de nuestro entorno de la actividad de algunos de los tipos de Plataformas Tecnológicas, tanto en su vertiente de actividad productiva como de actividad de formación.

Otro aspecto a considerar es la generación de mecanismos de activación rápida de actuaciones de cooperación nacionales y transnacionales ante situaciones de emergencia o crisis, como pueden ser la aparición de nuevos agentes patógenos o problemas medioambientales.

5.5 Fomento de la cultura científica y tecnológica

Para una rentabilización óptima de la I+D biotecnológica en términos económicos y sociales es esencial promocionar la explotación de nuevos resultados y la innovación en las industrias usuarias y, a un tiempo, proporcionar a los consumidores finales información sobre los beneficios potenciales de estos avances. En consonancia con las directrices sugeridas por la Comisión Europea [COM (2001) 714 final] y asumiendo su objetivo de mejorar la percepción pública de los asuntos científicos y tecnológicos e implicar a los ciudadanos en el progreso de la ciencia, es esencial implicar y coordinar los esfuerzos de científicos, divulgadores, educadores y empresarios en la difusión y comprensión de las oportunidades que ofrece la biotecnología. Estos estudios son, en el caso de la biotecnología, fundamentales, para definir las estrategias de investigación y desarrollo de acuerdo con los intereses últimos de los ciudadanos, y comprender las dificultades de normalización que afectan a ciertas aplicaciones tecnológicas.

De esta forma, se estima que se realizarán acciones específicas desde el Programa Nacional de Biotecnología en aquellos ámbitos que complementen a las acciones más generales del Programa Nacional de fomento de la cultura científica y tecnológica.

Programa Nacional de Biología fundamental

1 Ámbito del Programa Nacional

El Programa Nacional de Biología Fundamental incluye toda la investigación en Biología destinada a entender el funcionamiento de los seres vivos y sus unidades estructurales y funcionales, las células. Cubre todos los ámbitos de investigación que permitan una mejor comprensión de los sistemas biológicos y sus alteraciones en un contexto molecular, celular y de organismo. El programa se regirá fundamentalmente por criterios de calidad.

El programa apoya enfoques multidisciplinares encaminados a resolver cuestiones fundamentales utilizando, cuando sea conveniente, organismos modelos para el problema estudiado. El programa alienta el desarrollo y utilización de tecnologías que permitan la máxima competitividad internacional. El Programa asume las novedades conceptuales, experimentales y tecnológicas propias de la "era post-genómica" por lo que en él tienen cabida enfoques genómicos y proteómicos para la disección de cualquier fenómeno biológico.

El Programa se divide en dos subprogramas nacionales: 1) Biología Molecular y Celular, y 2) Biología Integradora y Fisiología que, atendiendo a los niveles de organización de los seres vivos, comprenden, entre otros, estudios de Biología a nivel estructural, molecular, celular y de organismos, así como de Fisiología, Biología del desarrollo y evolución. Serán objeto de estudio todos los organismos, ya sean virus, bacterias, microorganismos eucarióticos, plantas y animales, incluido el ser humano.

Los aspectos de la Biología encaminados a entender procesos biológicos con orientación aplicada, la relación de los organismos con el medio ambiente, la taxonomía y la biodiversidad, y los estudios centrados en patologías o con una aplicabilidad clínica a corto plazo se enmarcan en principio dentro de otros Programas relacionados, como los de Biotecnología, Biomedicina, Biodiversidad o Ciencias de la Tierra.

2 Justificación de la priorización del programa

La investigación no orientada y basada en criterios de calidad, cuyo objetivo fundamental es la búsqueda de conocimiento, actúa como verdadero motor de la actividad científica y es un mecanismo importante para la creación y consolidación de grupos de investigación de calidad, que fortalezcan el actual Sistema de C-T-E español. La Biología Fundamental, concebida como un campo de investigación esencialmente no aplicado, tal como se ha mencionado, tiene su justificación genérica en la insoslayable necesidad de todo sistema estratégico de investigación de contar con un motor intrínseco de renovación conceptual que sustente el avance del conocimiento y la formación integral de investigadores jóvenes.

La ciencia aplicada responde a las demandas sociales e industriales, resolviendo problemas coyunturales. Para ello precisa de un sustrato autóctono sobre el cual desarrollarse, ya que de otro modo sus planteamientos y posibilidades quedan rápidamente obsoletos y colocan a la sociedad española en una situación de dependencia de los avances científicos y técnicos extranjeros. Por tanto, el sector público financia la investigación básica y la formación de nuevas generaciones de investigadores.

Esta necesidad se ha manifestado en la mejor tradición de la política científica nacional e internacional. En los países con sistemas de ciencia maduros y operativos, se ha puesto reiteradamente de manifiesto la rentabilización de la ciencia por "rebosamiento" del conocimiento en disciplinas básicas. Ha sido la explosión de conocimiento tras realizar inversiones masivas en ciencia básica, la que ha impulsado el desarrollo social y tecnológico en países como EE.UU., que además se han convertido en polos de atracción para investigadores extranjeros previamente formados en sus países de origen. Es indiscutible que las políticas científicas que potencian la ciencia básica acaban resultando enormemente rentables a largo plazo.

La innovación en Biología Fundamental requiere el descubrimiento y la comprensión de nuevos mecanismos y procesos biológicos, mediante una búsqueda multidireccional, cuyos resultados suelen no ser predecibles. Por tanto, sus límites no han de ser otros que los impuestos por la capacidad creativa del investigador y los recursos y las técnicas disponibles. Ello no obsta para que puedan definirse coyunturalmente sectores especialmente dinámicos o prometedores.

De acuerdo con estas consideraciones generales, puede acotarse el Programa Nacional en Biología Fundamental definiéndolo de acuerdo con criterios científicos, tecnológicos, sectoriales y de interés público.

2.1 Criterios científicos

La Biología Fundamental es el origen del avance tecnológico y conceptual que han supuesto la genómica y las disciplinas que han nacido a partir de ella, como la proteómica o la transcriptómica. Lo es también de las nuevas tecnologías como secuenciación automática, análisis de alto rendimiento, bioinformática, ingeniería de proteínas, micromatrices (microarrays), que están permitiendo el análisis integrado tanto de los seres vivos como de sus procesos biológicos fundamentales. Los estudios de las llamadas "factorías celulares" serán de capital importancia en el futuro inmediato porque permitirán la identificación de genes clave y el diseño de nuevos fármacos dirigidos contra dianas específicas, para converger con estudios biomédicos en la denominada "Medicina Molecular". Todas estas nuevas aproximaciones no serán posibles sin los descubrimientos de la Biología Fundamental.

Nuestro sistema dispone de grupos de investigación de calidad en Biología Fundamental. El Programa de Promoción General del Conocimiento gestionó en el año 2002 el 31% de la financiación total destinada a proyectos de investigación, y de él un 33,7 % correspondió a los subprogramas nacionales incluidos en este Programa Nacional de Biología Fundamental, cuyo ámbito de actuación se ampliará como resultado de la incorporación de la Biología Estructural.

A nivel internacional, cabe recordar la prioridad otorgada a las Ciencias de la Vida en los Programas de la Unión Europea, del "Human Frontiers Science Program", de la "European Molecular Biology Organization" (EMBO) o de la "European Science Foundation" (ESF). En otro ejemplo, en los EE.UU. los "National Institutes of Health" disponen de un presupuesto para 2004 de unos 28.000 millones de dólares, destinados a "ampliar el conocimiento básico y fundamental sobre la naturaleza y comportamiento de los sistemas vivos".

2.2 Criterios tecnológicos

Aunque los criterios tecnológicos no son los que priman en este Programa Nacional, cabe esperar que sus logros repercutan muy positivamente en el desarrollo tecnológico. Diferentes sectores industriales, como el farmacéutico y el agroalimentario, se benefician muy directamente de los descubrimien-

tos de la Biología Fundamental: existen actualmente en el mercado derivados de la Ingeniería Genética y los datos obtenidos de la genómica funcional y estructural están abriendo el diseño de nuevos fármacos personalizados.

2.3 Criterios sectoriales

La distancia entre Europa y EE.UU. en investigación en Biología Fundamental se está acrecentando incesantemente, un hecho que no debe ignorarse si se desea mantener o incrementar su competitividad. Reducir este problema debe ser un objetivo estratégico para nuestro país, y para la Unión Europea. A muy corto plazo, cuando se generalicen los efectos de la revolución genómica, los sectores productivos europeos necesitarán recursos humanos con conocimientos y experiencia en los ámbitos cubiertos por el Programa de Biología Fundamental. Se ha estimado que en dichos ámbitos se generarán unos 3 millones de puestos de trabajo en Europa a lo largo de los próximos diez años.

2.4 Criterios de interés público

La Biología ha contribuido decisivamente al bienestar de los ciudadanos tanto en lo relativo a la alimentación como a la salud, y en aspectos tan dispares como la disponibilidad de nuevos fármacos o el incremento de la esperanza de vida media y la calidad de vida. La respuesta a situaciones que generan alarma social, por su incidencia sobre el entorno natural, la mejora en el diagnóstico y el tratamiento de las enfermedades, o la prolongación de una vida sana, son demandas que la comunidad científica está obligada a atender.

Los ámbitos de investigación definidos dentro del Programa Nacional de Biología Fundamental lo vinculan estrechamente con las acciones del área temática "Ciencias de la vida, genómica y biotecnología aplicadas a la salud" del VI Programa Marco europeo, particularmente en los aspectos más básicos de las Acciones sobre: "Genómica avanzada y sus aplicaciones a la salud" (expresión de genes y proteómica, genómica estructural, genómica comparada y genética de poblaciones, planteamientos genómicos funcionales multidisciplinarios de los procesos biológicos básicos), o bien "Lucha contra las principales enfermedades" (estudio del desarrollo humano, del cerebro, fenómenos de resistencia a los antibióticos, desarrollo de medicamentos, etc.).

3 Estructura y objetivos del programa

El Programa Nacional de BIOLOGÍA FUNDAMENTAL persigue tres objetivos prioritarios:

Promover la ciencia básica de calidad

Se trata de un programa de investigación básica no orientada en el ámbito de la Biología. Da continuidad al anterior Programa General del Conocimiento, englobando aquellos objetivos científicos específicos de la Biología e incorporando el área de Biología Estructural, en su mayor parte incluida anteriormente en el Programa Nacional de Biotecnología. Su finalidad es contribuir a la obtención de nuevos conocimientos científicos en Biología Fundamental, sin olvidar el consiguiente desarrollo tecnológico que ello lleva asociado. Asimismo, el Programa persigue que nuestro país contribuya de manera más relevante y se beneficie a su vez de los avances de la Biología en el contexto internacional, que en los últimos años están constituyendo una verdadera revolución científica y tecnológica de enorme calado para el desarrollo económico y el bienestar social.

Uno de los objetivos del Programa es la incorporación de los desarrollos conceptuales y tecnológicos propios de la era postgenómica en la que nos encontramos, para lo que se estimulará el uso de las

herramientas de la Genómica y la Proteómica para la disección de problemas biológicos. Se apostará igualmente por los enfoques interdisciplinarios para la mejor comprensión de los problemas y sistemas biológicos y la interacción con otras ciencias, como la Química, la Física y las Matemáticas.

Contribuir a la formación de investigadores

La formación continuada de investigadores y su posterior integración en cualquier ámbito científico, ya sea de carácter público o privado, es imprescindible para impulsar la innovación y el desarrollo científico del país. Dado el carácter básico no orientado de este programa, la formación de investigadores en ámbitos y áreas diferentes que exigen una variada base conceptual y tecnológica, debe contribuir a vertebrar en el país un tejido investigador competitivo capaz de hacer frente a los retos científicos y tecnológicos presentes y futuros.

Desarrollar infraestructuras científicas y tecnológicas

Se persigue impulsar el desarrollo de infraestructuras que permitan alcanzar y sostener un nivel de desarrollo científico y tecnológico en consonancia con las necesidades de la investigación contemporánea en Biología y en línea con otros indicadores de desarrollo económico de nuestro país. Se deberán optimizar y rentabilizar las instalaciones y equipamientos ya adquiridos, por lo que el Programa promoverá el uso compartido y el acceso a infraestructuras o equipamientos de alto coste o mantenimiento, potenciando la oferta de servicios por parte de aquellos grupos que dispongan de dichos recursos. Asimismo se impulsará la creación y el acceso de la comunidad científica a colecciones de material biológico disponibles o en fase de desarrollo.

Dentro del Programa General del Conocimiento del Plan Nacional anterior, los contenidos científicos que ahora se recogen en este Programa Nacional de Biología Fundamental se han gestionado como dos áreas independientes, por lo que éste último se estructura en dos subprogramas nacionales que recogen las dos Áreas anteriores. Esta separación viene justificada por: 1) el volumen de la investigación en Biología Fundamental, reflejado en la dimensión y número de los grupos nacionales; 2) la heterogeneidad temática y disciplinar recogida en este Programa, y 3) las diferentes aproximaciones metodológicas y tecnológicas que se usan. La separación en dos subprogramas nacionales permite un desglose más nítido de los objetivos científicos, una gestión más eficaz de los recursos, y un seguimiento más cercano de los proyectos.

La estructura del Programa Nacional es la siguiente:

- Subprograma Nacional de Biología Molecular y Celular.
- Subprograma Nacional de Biología Integradora y Fisiología.
- Acción Estratégica, Red de Plataformas Tecnológicas.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE BIOLOGIA MOLECULAR Y CELULAR

Su objetivo primordial es la investigación de las bases moleculares, estructurales y funcionales que conduzcan a una mejor comprensión de los seres vivos, en particular de la estructura y función de las macromoléculas biológicas en el contexto celular y de organismo. Las investigaciones podrán ser realizadas en cualquier tipo de organismos, con preferencia en los sistemas modelo, empleando enfoques multidisciplinares y nuevas tecnologías. En función de los niveles organizativos, los objetivos de este subprograma incluyen:

- Estructuras de las macromoléculas biológicas: Resolución de estructura de proteínas, ácidos nucleicos y otras macromoléculas. Estructuras de virus. Genómica estructural. Biofísica de macromoléculas. Estructura, dinámica y energética de las interacciones macromoleculares.
- Bases estructurales y funcionales de los procesos moleculares: Empaquetamiento, estabilidad y dinámica de los genomas. Expresión génica. Metabolismo del RNA. Síntesis y procesamiento de proteínas. Bioquímica de procesos metabólicos. Transformación celular de la energía. Microbiología molecular.
- Bases celulares de los procesos biológicos: Orgánulos y compartimentos celulares. Citoesqueleto. Tráfico celular y transporte. Transducción de señales. Ciclo, división y muerte celular. Comunicación celular. Redes génicas. Mecanismos de señalización.
- Bases moleculares y celulares del desarrollo y la diferenciación. Control genético del desarrollo. Patrones espaciales y temporales de expresión. Comunicación y organización celular en el desarrollo. Diferenciación celular. Morfogénesis.
- Herencia y evolución: Meiosis. Transferencia genética horizontal. Evolución molecular.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE BIOLOGÍA INTEGRADORA Y FISIOLÓGÍA

Su objetivo primordial será la investigación encaminada a lograr un mayor conocimiento de cómo las interacciones entre las macromoléculas y componentes celulares conducen al desarrollo de órganos y sistemas, y a la integración funcional del organismo. Serán objeto de estudio los microorganismos, las plantas, los animales y el ser humano.

- Biología del desarrollo. Aspectos embriológicos, morfológicos y funcionales del desarrollo. Anatomía celular. Fisiología celular. Organogénesis.
- Bases morfológicas y fisiológicas de las estructuras de soporte y movimiento. Biomecánica. Bases morfológicas y funcionales de la actividad física.
- Bases morfológicas y funcionales de la comunicación, control e integración. Desarrollo, estructura, función y procesos integrativos del sistema nervioso y del sistema endocrino.
- Bases morfológicas y funcionales de los sistemas de transporte, defensa, respiración, nutrición y excreción.
- Bases morfológicas y funcionales de la reproducción, del desarrollo postnatal y del envejecimiento. Aspectos moleculares, estructurales y fisiológicos relacionados con la reproducción, el crecimiento, la senescencia y el envejecimiento de plantas, de animales y del ser humano.
- Biología de sistemas. Biología de las interacciones moleculares, celulares y orgánicas que permiten la integración estructural y funcional del organismo. Sistemas modelo. Estrés y cambios ambientales. Genómica funcional.

ACCIÓN ESTRATÉGICA: RED DE PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS

Se considera necesario dotar al sistema español de I+D de las tecnologías e infraestructuras necesarias para que pueda desarrollar su actividad investigadora en condiciones competitivas con los países más avanzados de nuestro entorno. Uno de los objetivos prioritarios y estratégicos del Programa será, por tanto, la creación de una red de plataformas tecnológicas y unidades de servicios para el desarrollo de herramientas, recursos o tecnologías de interés general y asegurar el acceso a las mismas a la comunidad científica y tecnológica. La creación de esta red, que puede ser coordinada a nivel estatal y parti-

cipada por los centros de investigación, contribuirá a la formación de personal técnico cualificado y podría contribuir a generar nuevos sectores de mercado tecnológico.

La red de plataformas tecnológicas y unidades de servicios propuesta por este programa de Biología Fundamental es también de interés para los Programas Nacionales de Biotecnología y Biomedicina que coinciden con la identificación de la necesidad de estas unidades tecnológicas, en algunos casos con las mismas misiones de actividad. Su creación deberá llevarse a cabo mediante una acción estratégica que dotará a las instalaciones de nueva creación o a las ya existentes con los medios necesarios (fundamentalmente equipamiento y personal científico y técnico especializado) para responder a las demandas de la comunidad científica y asegurar su mantenimiento.

El Programa Nacional contemplará, entre otras acciones que pudiesen identificarse a lo largo de la duración del Plan Nacional, la creación o consolidación de las siguientes plataformas tecnológicas y unidades de servicio:

Genómica y proteómica

El Programa facilitará la creación de plataformas públicas de proteómica y genómica funcional y estructural, dirigidas al desarrollo y aplicación de herramientas y sistemas de análisis a gran escala de los perfiles de expresión de genes y proteínas, incluidos los tratamientos bioinformáticos y la automatización del proceso de producción y cristalización de proteínas. Estas plataformas permitirían una utilización plena de las instalaciones asociadas al sincrotrón y de los espectrómetros de RMN de alto campo y contribuirían a potenciar el estudio de organismos de interés y de sus complejas interacciones moleculares y celulares, facilitando la ingeniería metabólica, el desarrollo de fármacos y el conocimiento de las bases moleculares de procesos patológicos, entre otros.

Resonancia Magnética Nuclear de alto campo

La espectroscopía de RMN es la técnica de elección preferente para determinar la estructura tridimensional con resolución atómica y estudiar los procesos dinámicos de macromoléculas en disolución. Existen grupos de investigación y servicios con experiencia y dotados de la instrumentación más reciente (espectrómetros de 700-900 MHz y criosondas). La financiación y consolidación de servicios especializados de RMN de alto campo facilitaría el acceso a la obtención de datos estructurales (3D) y dinámicos de proteínas y ácidos nucleicos y a la realización de búsquedas a gran escala para el desarrollo de nuevos fármacos.

Generación y fenotipado de animales modificados genéticamente

Una de las metodologías para el estudio de la función de los genes es la generación de organismos con delecciones del gen ("knock out") o mutaciones del mismo ("knock in"). La creación de unidades de servicio de fenotipado que estuvieran en condiciones de realizar un examen general del organismo permitiría optimizar el uso de esta metodología por la comunidad científica. Su interés se extiende, también, a investigaciones en farmacología y toxicología.

Técnicas de imagen cerebral "in vivo"

Las técnicas de imagen basadas en la Resonancia Magnética Nuclear funcional y en la Tomografía de Emisión de Positrones están adquiriendo una gran importancia en Neurociencias al permitir estudios funcionales del sistema nervioso central "in vivo". Utilizadas frecuentemente de forma complementaria, permiten realizar análisis morfométricos del cerebro, estudios de metabolismo cerebral, y unión de ligandos a receptores, entre otros. Ambas tecnologías precisan de equipamientos muy costosos y gran preparación técnica. Existen centros que poseen este equipamiento, pero la creación de un servicio requeriría su coordinación y la cofinanciación de personal técnico y equipos.

Colecciones biológicas y bancos de tejidos que faciliten el análisis de genomas y el desarrollo de otros aspectos de la genómica estructural y la funcional.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

La creación de centros y la habilitación de nuevos espacios en los ya existentes son dos medidas necesarias para facilitar, por un lado, la incorporación y génesis de nuevos grupos de investigación y el desarrollo de temas de interés emergente, y por otro, la puesta en marcha de centros de excelencia que permitan un avance cualitativo importante en el ámbito de la Biología Fundamental. Igualmente, será necesario el desarrollo de un plan para la adquisición y renovación de equipamiento de los centros de investigación.

Habilitación de nuevos espacios y equipamientos de investigación

El programa pretende dar continuidad a las convocatorias especiales para la dotación de grandes equipamientos para potenciar el uso de tecnologías avanzadas por parte de centros y departamentos de investigación. Igualmente, y dadas las necesidades inherentes a la investigación en Biología Fundamental, se deberán contemplar convocatorias especiales para la adquisición de infraestructura científica de tipo medio que contribuya a paliar y renovar las necesidades más directas de los grupos de investigación. Estas convocatorias de ayudas deberían completar y coordinar las actuales, fundamentalmente orientadas a peticiones institucionales.

- Creación de espacios que faciliten la incorporación y desarrollo de nuevos grupos de investigación. El apoyo a las iniciativas encaminadas a la creación y/o habilitación de nuevos espacios por Universidades, CSIC y otros OPIS, contribuiría a facilitar la incorporación de investigadores de valía probada, la creación de nuevos grupos de investigación y el crecimiento de grupos de calidad consolidados, seriamente limitados por la falta de espacio en los centros existentes.
- Renovación y adquisición de equipos e instrumentación de tamaño pequeño y medio. La adquisición y renovación de equipamiento "mediano" (20.000 a 100.000 euros), difícilmente asumible dentro de los proyectos de investigación, supone una dificultad para el funcionamiento de los centros y grupos de investigación. Por este motivo, se percibe como conveniente establecer un plan de renovación de equipamiento, que destine una parte de la financiación para este fin.
- Adquisición de grandes equipos. La financiación de equipos con un coste superior a 100.000 euros en convocatorias para la adquisición de infraestructura, deberá exigir una justificación exhaustiva de su necesidad, primando como criterios el interés general, la utilización abierta a otros grupos de investigación, la ausencia de reiteración y la cofinanciación del equipo solicitado.

Creación de centros de excelencia

- Línea de luz para cristalografía de macromoléculas en el sincrotrón español. El proyecto del sincrotrón español, comenzado en el 2003, abre posibilidades extraordinarias para la Biología, en particular para los estudios estructurales, y su aprovechamiento requiere la construcción de líneas de luz ("beamlines") apropiadas. Junto a otras aplicaciones posibles (EXAFS, difracción de bajo ángulo, tomografía, etc.), la difracción de rayos X de macromoléculas es la más importante, y la de mayor crecimiento de la demanda previsto. Por ello, la asignación de una de las cinco líneas inicialmente presupuestadas, a la difracción de rayos X de macromoléculas biológicas es un obje-

tivo prioritario del presente Programa. Una utilización óptima de las líneas de luz de aplicaciones biológicas aconseja la creación de un laboratorio de apoyo en el sincrotrón, dedicado al análisis estructural, y que incluya un grupo de desarrollo metodológico. La posibilidad de establecer un acuerdo bilateral con el EMBL sería interesante para el desarrollo y funcionamiento de éste laboratorio, dada la experiencia del EMBL en la aplicación de la radiación sincrotrón en biología.

- Incentivar la creación de Centros Nacionales de Excelencia en el Área de Biología Fundamental. En consonancia con los Programas Nacionales de Biotecnología y Biomedicina, es importante la creación de centros de excelencia que permitan la incorporación y estabilización de grupos de calidad en un entorno adecuado y competitivo. El Programa puede potenciar las inversiones a medio y largo plazo en nuevos centros y coordinar su ubicación para optimizar el rendimiento de los recursos disponibles.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

Los siguientes objetivos específicos se presentan particularmente asociados a las fortalezas y debilidades de la Biología en España.

5.1 Recursos humanos

Se fomentarán los programas de ayuda para la formación de personal investigador tanto predoctoral como posdoctoral, que contribuyan a estabilizar y sacar el máximo rendimiento del potencial investigador del país, así como de personal técnico de apoyo. Se estimulará la movilidad de los investigadores, principalmente en su etapa posdoctoral, mediante su incorporación a grupos de investigación tanto extranjeros como españoles, siempre que se garantice una adecuada movilidad entre distintos laboratorios.

El objetivo global es la definición de una carrera científica que contemple los diferentes niveles del personal, sus características, y unos procedimientos estables de acceso y promoción. Los jóvenes licenciados e ingenieros deben poder vislumbrar la posibilidad real de una carrera como científicos, con evaluaciones sucesivas rigurosas, pero con una clara planificación a largo plazo. La carrera científica debe hacerse atractiva a los mejores estudiantes, y para ello se deben combinar el rigor en la selección con la existencia de un horizonte definido.

- Intensificación de la formación de post-graduados. Es importante prestar atención continuada a este aspecto, pues los estudiantes graduados de nuestros laboratorios son los investigadores del futuro. Las becas predoctorales y posdoctorales deben cubrir las enfermedades y las bajas por maternidad.
- Incremento del número de científicos post-doctorales. Se debe aumentar significativamente el número de contratos o becas post-doctorales, que deben estimular la movilidad del investigador con respecto al centro en el que realizó su tesis doctoral. Los contratos o becas post-doctorales asociados a proyectos deben coexistir con otros ofrecidos a través de convocatorias abiertas. Estos contratos o becas post-doctorales han de ser reforzados en sus prestaciones sociales.
- Dar continuidad a las convocatorias de contratos Ramón y Cajal. Es deseable el mantenimiento de un programa que permita a los científicos de calidad que se encuentran además en la etapa más productiva de su vida profesional incorporarse al sistema científico español, mejorando la experiencia de los contratos Ramón y Cajal. Los científicos así incorporados no tienen por qué ser funcionarios ni tampoco becarios posdoctorales dependientes de un investigador principal.

Quizá, puedan establecerse contratos de dos tipos: para la integración en grupos de investigación establecidos, y para la creación de un nuevo grupo. Deben generarse mecanismos de continuidad salarial, sujetos a evaluación, una vez finalizados los cinco años del contrato Ramón y Cajal.

- Aumentar los recursos materiales para la incorporación de nuevos científicos. Una de las limitaciones del programa Ramón y Cajal viene dada por la dificultad de muchos centros receptores para ofrecer una ayuda de instalación que incluya, espacio, personal, equipamiento y material fungible que permitan al investigador ser independiente e innovador. Tal como ocurre en algunos países de nuestro entorno, debe generarse un mecanismo que proporcione recursos materiales a los científicos recién incorporados, procedan o no del programa Ramón y Cajal. Dado que en la mayoría de los casos la mayor limitación es la del espacio disponible en los centros de investigación, se debe potenciar el incremento de la superficie edificada destinada a la actividad científica.
- Fomentar la permanencia y la promoción de las mujeres en la carrera científica. Las mujeres se incorporan a la carrera científica en igual número que los hombres, pero su presencia en los niveles superiores de la profesión es mucho más reducida. Deben diseñarse estrategias que contribuyan a cambiar esta tendencia. Cabe citar como ejemplo que deben ponerse en marcha programas de reincorporación a la carrera científica para las mujeres que la han abandonado total o parcialmente por razones de maternidad.
- Crear la figura del Investigador contratado doctor. Se propone la creación de esta figura, que puede ser análoga a la de "Profesor contratado doctor" de la LOU. Se trataría de investigadores doctores, con experiencia y cualificación probadas, con buen curriculum vitae que, sin ser directores de grupo, desarrollarían una labor fundamental en la investigación. Su función principal sería la de ofrecer una continuidad en el trabajo del laboratorio que subsanara la transitoriedad de los becarios, y una implicación directa en la experimentación que compensara el a veces obligado distanciamiento del investigador principal.
- Fomentar la incorporación de científicos de alto nivel a centros emergentes. Se trataría de estimular el traslado de científicos destacados, procedentes de los mejores centros de investigación, españoles o extranjeros, a centros emergentes en regiones con escaso nivel de actividad científica. Para ello habría que proporcionar incentivos claros, en forma de recursos abundantes.
- Aumentar el número de técnicos de laboratorio a todos los niveles. El sistema español de ciencia y tecnología adolece de una falta de técnicos de laboratorio que no tiene equivalente en los países avanzados. Lo que en el CSIC es una limitación, en las Universidades es una ausencia casi completa. Es imprescindible crear, tanto por contratos asociados a proyectos como de manera permanente, un gran número de plazas de técnicos de laboratorio con formación profesional, titulación universitaria de grado medio, o titulación superior. Esta inversión rentabilizará en gran manera todas las otras inversiones en ciencia y tecnología, asegurando el funcionamiento regular de los laboratorios y el buen mantenimiento de las infraestructuras.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

La investigación en biología molecular ha roto los esquemas tradicionales entre la investigación básica, la aplicada y el desarrollo tecnológico, al ofrecer la posibilidad de comercializar directamente muchos resultados de la investigación básica. No es en absoluto excepcional que sean investigadores básicos quienes generen empresas para explotar sus descubrimientos, o que patenten sus hallazgos como productos comercializables a muy corto plazo. Por lo tanto, y de manera muy especial en el Programa de Biología Fundamental, se precisa una acción horizontal con el doble objetivo de favorecer la transferencia de resultados a las empresas activas en este ramo, y facilitar la creación de las que se ha

dado en llamar empresas "spin-off". En relación con esta última actividad, es importante el apoyo a los parques científicos y tecnológicos ligados estrechamente a los centros de investigación, que pueden convertirse en viveros de empresas.

Tanto para contribuir a la actividad empresarial como a la investigación en Biología Fundamental es preciso utilizar "pasarelas" profesionales entre los centros de investigación públicos y la industria: se precisa utilizar mecanismos para que científicos de los CPI puedan trasladarse durante unos años a laboratorios de empresas, y viceversa. Las administraciones pueden estimular estos movimientos y destinar fondos específicos para acoger en los laboratorios de centros públicos a los científicos y tecnólogos procedentes de la empresa privada.

5.3 Cooperación internacional

- Intensificar la participación en EMBO/EMBL. Es fundamental para España participar en la Organización Europea de Biología Molecular (EMBO) y en el Laboratorio Europeo de Biología Molecular (European Molecular Biology Laboratory, EMBL). Esto conlleva ventajas para la formación de científicos a todos los niveles, uso de instalaciones (incluidas las diferentes estaciones), oportunidades de colaboración, y cursos avanzados. Un centenar de españoles han realizado parte de su formación doctoral o postdoctoral en el EMBL. Una cifra significativa de españoles utilizan las instalaciones del EMBL, y bastantes de ellos mantienen colaboraciones con grupos de ese laboratorio. Aún así, es posible que no exista suficiente información sobre las posibilidades que EMBO/EMBL ofrecen a la comunidad científica española. Se precisa aumentar la difusión de estas posibilidades y estimular las relaciones de todo tipo con dichas organizaciones.

En particular, debería mejorarse la difusión del Programa de becas predoctorales en el EMBL por su alta calidad científica y la escasa participación de graduados españoles. Asimismo, el programa de especialización de tecnólogos en Organismos Internacionales, debería en el caso del EMBL replantear sus objetivos y centrarse en la formación de doctores o técnicos de alta cualificación en tecnologías relevantes y para las que esta institución posee una acreditada experiencia en microscopía, difracción, micromatrices ("microarrays") y proteómica, entre otras técnicas.

- Estimular la participación en proyectos de la Unión Europea. Aunque existen entre los científicos españoles ciertas reservas sobre el exceso de burocracia, la exigencia de aplicabilidad inmediata, y los criterios de evaluación de la Comisión Europea, deben animarse a concurrir a las convocatorias de ésta, ya que los recursos que distribuye son cuantiosos y pueden contribuir sustancialmente a la financiación de los laboratorios de nuestro país. En esta línea, se establecerán ayudas específicas, con carácter competitivo, para complementar los fondos procedentes de la UE. Además, es necesario crear contratos de personal administrativo para la gestión de proyectos, que resultan imprescindibles para los investigadores españoles que actúan como coordinadores de proyectos europeos. Finalmente, se debe mejorar la utilización de las capacidades y funciones de la oficina SOST en Bruselas, a la que los investigadores deben tener acceso directo, con la finalidad de facilitar la tramitación de las solicitudes de proyecto y la gestión de los concedidos.
- Si se llega a la creación del "European Research Council", este organismo puede constituir una excelente oportunidad para la Biología española.
- Atraer a más y mejores titulados superiores iberoamericanos. Las actuales becas de la Agencia Española de Cooperación Internacional han sido consideradas escasas y, comparativamente con nuestros competidores, mal retribuidas, lo que conduce a que los mejores licenciados, ingenieros y doctores iberoamericanos prefieren otros países para su formación doctoral y postdoctoral. España es un destino atractivo para los graduados iberoamericanos y podemos y debemos atraer a estos científicos en formación. Para ello es conveniente:

- a) aumentar el número de becas/contratos dirigidos a estos estudiantes.
- b) equiparar la dotación de las becas a las de los españoles, incluyendo aportaciones para gastos de viaje.
- c) hacer una adecuada difusión de la convocatoria de estas becas en los países de origen de los eventuales becarios.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

Existen diversas razones que hacen de la divulgación científica y tecnológica un objetivo importante de los Programas Nacionales de investigación:

- a) El conocimiento científico es un bien cultural de primer orden, que debe hacerse llegar de una u otra manera a todos los ciudadanos.
- b) Los contribuyentes tienen derecho a conocer el destino de sus aportaciones tributarias al sistema de ciencia y tecnología, especialmente cuando existen connotaciones éticas, como ocurre a veces en la Biología.
- c) Un grupo muy especial de ciudadanos, los legisladores, comprenden los resultados de la investigación científica que constituyen claves imprescindibles del mundo contemporáneo, para adaptar las regulaciones pertinentes.

6 Relación con otros programas nacionales

El Programa de Biología Fundamental presenta conexiones claras con otros programas del Área de Ciencias de la Vida y de otras Áreas. En algunos casos se puede dar un cierto solapamiento de contenidos, que es inevitable y no altera el funcionamiento del sistema, y permite a los investigadores tomar decisiones para participar en los programas que juzguen más cercanos a su actividad.

Un grupo de programas nacionales pueden tener aspectos temáticos comunes con el de Biología Fundamental, pero las acciones horizontales indicadas deben ser suficientes para permitir una política científica coordinada entre todos ellos. Son los Programas Nacionales de Tecnologías para la Salud y el Bienestar, de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias, de Ciencias y Tecnologías Medioambientales, de Biodiversidad, Ciencias de la Tierra y Cambio Global (en lo relativo al estudio de la Evolución), de Materiales (en cuanto a los Biomateriales), de Tecnologías Informáticas (Bioinformática), de Física (en lo que se refiere a la Biofísica) y de Ciencias y Tecnologías Químicas (Química de productos naturales).

- Por otra parte, los Programas Nacionales de Biomedicina y Biotecnología presentan coincidencias temáticas importantes con el de Biología Fundamental, particularmente en los casos de:
 - Biomedicina, en sus aspectos relacionados con Farmacología, Genómica, Proteómica, Terapia Génica, Biología estructural relacionada con la patología.
 - Biotecnología, en los de Genómica, Proteómica, Bioinformática.

En el caso de estos dos Programas Nacionales es preciso atender a la definición de los ámbitos y contenidos para que, salvados los inevitables solapamientos, no se produzcan malentendidos en las áreas principales que constituyen su ámbito de actuación.

De todas formas, la definición de los ámbitos de cada Programa Nacional no debe ocultar la fecunda interrelación que existe las distintas áreas de la ciencia y el fenómeno de la creciente interdisciplinariedad. Por el contrario, se deben promover las acciones horizontales que, facilitando las interacciones, estimulen un avance cualitativo importante de todas las parcelas de la Biología.

**Área de Ciencias
y tecnologías
agroalimentarias
y medioambientales**

Programa Nacional de Recursos y tecnologías agroalimentarias

1 Ámbito del Programa Nacional

El ámbito temático que cubre el Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias se refiere al conjunto de las actividades agrícolas, ganaderas, forestales, acuícolas y pesqueras, las relativas a la obtención y distribución de alimentos, así como los aspectos relacionados con la calidad y seguridad de los mismos, la nutrición y el efecto de la alimentación en el mantenimiento y la mejora de la salud.

La actividad del Programa Nacional tiene por objeto contribuir a satisfacer las demandas y necesidades sociales en cuanto a métodos sostenibles de aprovechamiento, producción, conservación, transformación y distribución de productos agroalimentarios y además promover la seguridad, calidad y propiedades saludables de dichos productos, todo ello desde un enfoque de desarrollo rural integrado, producción competitiva y respeto al medio ambiente.

2 Justificación de la priorización del programa

2.1 Criterios generales

El sistema agroalimentario español se encuentra en un importante momento marcado por cuatro aspectos que confluyen en el horizonte del corto plazo: la ampliación de la Unión Europea a veinticinco estados miembros, la nueva Política Común de Pesca de 2003, la revisión intermedia de la PAC 2004 y la globalización de la economía mundial.

El sistema que, en sus fases productivas, agropesquera y transformadora, aporta en España un 6% del PIB de forma directa, afecta indirectamente al sector de comercio y servicios de forma muy importante ya que se estima que al menos el 12% del PIB es consecuencia de los transportes y la distribución física y comercial de productos agroalimentarios. Es decir, sin considerar implicaciones financieras, de seguros, etc., el sistema agroalimentario moviliza al menos el 18% del PIB español, afectando, por otra parte, a la totalidad del territorio nacional y a una buena parte de su población, con gran importancia en el equilibrio territorial.

En el nuevo marco que se dibuja en el horizonte próximo el sistema agroalimentario no puede buscar su ventaja competitiva en el diferencial de salarios, sino que debe buscarlo en el diferencial tecnológico en el que, por cierto, padece un fuerte déficit respecto a otros países de la Unión Europea, haciendo, por otra parte, compatibles las producciones con el medio natural.

Además de su importancia socioeconómica, la alimentación incide muy sensiblemente en la salud de la población. Una vez consolidado el nuevo modelo alimentario, tras los cambios socioculturales del final del siglo XX, lo que la sociedad demanda ahora es seguridad en los alimentos que consume y obtener mejoras para la salud a través de la alimentación.

2.2 Criterios científicos

Generación de conocimiento

Es necesario tener presente la relación con el medio de los sistemas de producción agroalimentaria. Hay que generar un mayor conocimiento sobre el impacto ambiental y el desarrollo de prácticas de producción y transformación respetuosas, así como sobre el papel de los sistemas de producción agroalimentaria como medio de conservación y recuperación de ecosistemas que, por su fragilidad y condiciones de deterioro, requieren de medidas de intervención.

Es igualmente necesario, desde un punto de vista integrado, conocer como los factores ambientales y agronómicos, en el caso de los productos vegetales, o la alimentación y sistemas de explotación del ganado y de los peces en acuicultura, afectan a la producción sostenible y a la calidad y seguridad de los alimentos una vez que llegan al consumidor, a la vez que los permiten competir en los mercados.

Las bases científicas que soportan el papel de los alimentos en la salud son todavía insuficientes en algunos aspectos, aunque ya existen estudios, sobre todo de corte epidemiológico, que indican la relación que existe entre el consumo de determinados alimentos y la disminución del riesgo de padecer algunas enfermedades.

Es necesario ampliar el conocimiento en aquellos riesgos para la salud relacionados con el consumo de alimentos, sean vinculados a peligros biológicos, o bien peligros toxicológicos relacionados con constituyentes naturales de los alimentos, contaminantes de los mismos, o introducidos o generados durante los procesos de producción, transformación, conservación, almacenamiento y distribución.

En cuanto a la potencialidad de desarrollo científico y la promoción de nuevas investigaciones, una aproximación integrada a la resolución de los problemas planteados permitirá no sólo contribuir a su solución sino que también generará la demanda de nuevos conocimientos y potenciará el desarrollo científico en la búsqueda de nuevos productos de mayor valor añadido y sistemas de producción que compatibilicen criterios de sostenibilidad con la calidad y seguridad alimentaria.

Capacidades del sistema

El sistema español de I+D agroalimentario, que a la fecha sigue siendo pequeño para la capacidad económica española, cuenta con grupos de excelencia en los organismos públicos de investigación y en algunos centros tecnológicos. Sin embargo, en el sector privado se observa una importante carencia de actividad investigadora, aunque esta situación ya está evolucionando gracias a la cada vez mayor valoración de la I+D por parte del sector productivo. Es aún insuficiente la cooperación entre los grupos de los CPIs y los de las empresas y es deseable una mayor colaboración multidisciplinar entre investigadores expertos en otros ámbitos científicos y tecnológicos y los del campo agroalimentario.

2.3 Criterios tecnológicos

Existe una dependencia exterior muy marcada en materias primas, productos, tecnología de procesos agroalimentarios y en patentes. El esfuerzo en I+D debe permitir la innovación de procesos y la generación de una oferta más diversificada y competitiva de nuevos productos con características diferenciadas, que permitan atender a las demandas del mercado y a la preocupación de la sociedad por la seguridad y calidad alimentaria a lo largo de toda la cadena de producción. No obstante, hay que considerar las especiales características de las "micropymes" agroalimentarias, que requieren de modelos de actuación específicos.

2.4 Criterios sectoriales

El sector agroalimentario requiere incrementar valor añadido, competir en el mercado global y mejorar la eficiencia de procesos, elaborando productos con mayor calidad, mejores propiedades, nuevas presentaciones, etc. Igualmente necesita una mejora en la eficiencia de los procesos, de forma que consuman menos energía, produzcan menos efluentes y residuos, y apliquen tratamientos más suaves para preservar mejor sus cualidades sin disminuir su valor nutritivo, calidad y seguridad.

2.5 Criterios de interés público

Este programa trata de dar respuesta a las demandas de los sectores productivos; incidir en una mayor información al consumidor con relación a los productos agroalimentarios y sus efectos sobre la salud, y responder a una creciente demanda social sobre el medio ambiente.

El desarrollo rural integrado, la conservación de recursos naturales y de la biodiversidad y la recuperación de ecosistemas deteriorados son aspectos de claro interés público en los que la actividad agroalimentaria tiene una particular incidencia.

Además de los intereses estrictamente nacionales, España debe de asumir el compromiso de contribuir a la resolución de los problemas que afectan a la insuficiencia alimentaria de la población mundial.

2.6 Criterios específicos

Especial mención quiere realizarse sobre cuatro temas, que requerirán énfasis en su movilización y realización, por las justificaciones que se indican en cada caso:

Hortofruticultura intensiva: compatibilidad ambiental y calidad del producto

El manejo integrado de explotaciones hortofrutícolas intensivas, sobre la base de la definición de técnicas de producción respetuosas con el medio ambiente y que aseguren un aumento de la calidad del producto, tiene una incuestionable importancia sectorial y constituye una respuesta a las tendencias de la sociedad y del consumidor.

La competencia en los mercados con materias primas baratas resulta cada vez más difícil. En determinados países se comercia con precios bajos por la disponibilidad de recursos naturales y/o el menor precio de la mano de obra. Sin embargo el consumidor es cada vez más exigente no sólo con la calidad del producto, sino con las formas de producción que pueden llegar a venir impuestas por las grandes cadenas de distribución con mercados en el Centro y Norte de Europa. Por ello, el coste de producción de las materias primas no es el elemento primordial en la competitividad de los mercados, sino que hay otros muchos factores por los que un producto resulta finalmente deseable para los consumidores.

Interacción sanitaria entre fauna salvaje y ganadería

Las especies salvajes, terrestres y acuáticas, participan en los ciclos de mantenimiento y transmisión de infecciones relevantes para las especies domésticas y para la especie humana. Las infecciones compartidas entre estos grupos de especies muestran relaciones epidemiológicas complejas, que requieren para su comprensión un abordaje multidisciplinar eco-epidemiológico.

Diversos factores están influenciando las poblaciones de especies salvajes. De entre ellos, los más relevantes son el abandono de las actividades agrarias tradicionales y la proliferación de cultivos acuícolas superintensivos (con la consiguiente modificación del hábitat naturales), la abundancia de cercados

cinagéticos y de cría, la suelta incontrolada de poblaciones de cría o escapes de animales de jaulas flotantes o de tanques de cultivo, y las modificaciones de los ecosistemas terrestres y marítimos. Todos estos factores han contribuido a un aumento de las poblaciones en algunas especies, en detrimento de otras, a densidades altas de población, con modificaciones en la capacidad de difusión y mantenimiento de enfermedades, y a una mayor consanguinidad y deterioro del medio ambiental. La supervivencia de algunas especies puede verse amenazada, a la vez que se deteriora el estado sanitario de las especies salvajes. Las interacciones entre fauna salvaje y especies ganaderas, incluidas las de interés en acuicultura, y también con la especie humana, se modifican de forma impredecible, con el consiguiente riesgo de una mayor transmisión de enfermedades, de mantenimiento de enfermedades de interés ganadero o de acuicultura, y/o de zoonosis en un ciclo selvático, de difícil control, y con la posibilidad, remota, pero no imposible, de emergencia de nuevas infecciones o enfermedades desconocidas hasta el momento.

Bases científicas de los alimentos e ingredientes funcionales

Los alimentos funcionales poseen, por definición, unas propiedades biológicas que van más allá de las propiamente nutricionales y que incrementan adicionalmente su valor. En los últimos años los alimentos e ingredientes funcionales, que tuvieron su origen en Japón y que ya se han implantado en EEUU, se están introduciendo también en Europa. Su mercado está creciendo año tras año lo que está haciendo que las empresas alimentarias estén abriendo nuevas líneas de alimentos diseñados para mejorar el estado de salud.

El consumidor demanda este tipo de alimentos pero a su vez necesita estar adecuadamente informado sobre las condiciones de seguridad de su consumo y la veracidad de las alegaciones que sobre sus efectos saludables se esgrimen, comprobando que están apoyadas en evidencias científicas sobre el efecto fisiológico que se atribuye a sus constituyentes.

Entre las alegaciones directas o indirectamente relacionadas con la salud cabe distinguir las nutricionales, que hacen referencia a alegaciones de contenidos y alegaciones de salud. En el primer caso se regulan por los criterios establecidos en la Directiva. 90/496/CE, relativa al etiquetado sobre propiedades nutritivas, para la cual la Comisión Europea ha previsto una revisión a finales del 2003. Esta Acción Estratégica se centra en el segundo tipo de alegaciones.

Sumideros agroforestales de efecto invernadero

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992) que entró en vigor en 1994 y ha sido ratificada por 186 países, tiene como objetivo conseguir la estabilización de las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a los niveles de 1990, impidiendo sus peligrosas interferencias de carácter antropógeno en el sistema climático. El instrumento más importante para conseguir el citado objetivo es el Protocolo de Kioto, adoptado en 1997, que desarrolla y dota de contenidos concretos las prescripciones genéricas de la Convención, estableciendo reducciones concretas de emisiones de efecto invernadero para los principales países desarrollados y con economías de transición.

A la Unión Europea le corresponde un compromiso cuantificado de reducción del 8% con respecto a sus emisiones en 1990, habiéndose realizado un reparto de cargas entre sus miembros, por el que España está autorizada a aumentar sus emisiones hasta un 15%. En la actualidad, todas las fuentes autorizadas consideran que el aumento de emisiones en nuestro país ha superado el 30%, pudiéndose llegar en el 2008 a un incremento del 50%, e incluso, del 60-65% si no se toman medidas urgentes de reducción. Teniendo en cuenta que las penalizaciones previstas son de 40 Euros, por tonelada de CO₂ equivalente emitida en exceso, para el período de 2005-2007 y de 100 Euros a partir de 2008, la repercusión económica y social para los sectores industriales más implicados por el cumplimiento del Proto-

colo de Kioto (petroquímico, eléctrico, siderúrgico, químico, cementero, etc.) puede alcanzar niveles que afecten incluso a su futura viabilidad.

Ante esta situación, los sumideros, entendiendo como tales todo proceso o mecanismo que hace desaparecer de la atmósfera un gas de efecto invernadero, y muy en concreto el carbono (CO₂) por su gran importancia relativa, pueden suponer una ayuda importante en el cumplimiento de los compromisos de reducción acordados en Kioto. Ello exige, a nivel nacional, disponer de datos concretos y verificables de la situación de partida de 1990, así como de todas las actividades susceptibles de ser contabilizadas en términos de captación y permanencia a fin de cumplir los compromisos. En este sentido el Protocolo establece expresamente en su artículo 3.3, que podrán ser utilizados a estos efectos las variaciones netas de las emisiones por las fuentes y la absorción por los sumideros que se deban a actividades relacionadas con el cambio de uso de la tierra y la forestación, reforestación y deforestación. Por otra parte, en su artículo 3.4 incluye también, a efectos de contabilización, actividades adicionales a los anteriores como son la gestión de bosques, el establecimiento de la vegetación, la gestión de pastizales y la gestión de tierras agrícolas.

La necesidad de aumentar el conocimiento sobre los sumideros de gases de efecto invernadero por las razones indicadas, así como de estudiar la potencialidad de los mismos como mecanismos de flexibilidad (mercado de emisiones, proyectos de Mecanismos de Desarrollo Limpio –MDL– de países desarrollados del Anexo I del Protocolo en terceros países y proyectos de Aplicación Conjunta –AC– entre países desarrollados) exige la puesta en marcha de la presente acción estratégica que permitirá coordinar los esfuerzos de sectores empresariales implicados, administraciones públicas, centros de investigación y centros tecnológicos, para la consecución de los objetivos que se determinarán en la misma.

3 Estructura y objetivos del programa

El Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias pretende que la comunidad investigadora española continúe contribuyendo al progreso de la Ciencia y la Tecnología en el ámbito agroalimentario y tiene como objetivo prioritario que el aprovechamiento, producción, conservación y transformación de productos, bienes y servicios agroalimentarios formen parte de un sistema de desarrollo sostenible y competitivo, mediante el que se de respuesta a la preocupación de los consumidores en materia de calidad y seguridad de los alimentos, en protección del medio ambiente y bienestar de los animales, además de contribuir de forma esencial al mantenimiento del espacio natural, a la vitalidad del entorno rural y a la competitividad de las empresas agroalimentarias.

Sus objetivos específicos son:

- Desarrollar productos agroalimentarios de calidad, seguros, saludables, agradables y de conveniencia.
- Mejorar los procesos productivos para potenciar la competitividad de las empresas agroalimentarias.
- Conservar y, en su caso, recuperar los recursos naturales y ambientales que se ven afectados por la actividad agroalimentaria.
- Promover el uso racional del territorio.
- Mejorar la interacción y colaboración entre todos los agentes del sistema de I+D: CPIs, Centros tecnológicos y empresas.
- Impulsar la transferencia de tecnología a las empresas agroalimentarias.
- Fortalecer la dimensión internacional de la Ciencia y la Tecnología españolas.

El Programa Nacional se estructura en Prioridades Temáticas, con el fin de orientar el esfuerzo de I+D+I y el resto de las actividades a los tres ámbitos temáticos siguientes:

- a) Mejora de la producción y transformación en el ámbito agroalimentario.
- b) Obtención y elaboración de productos agroalimentarios seguros, saludables y de calidad.
- c) La producción agroalimentaria desde la perspectiva de la conservación del medio ambiente y el uso integral del territorio.

Adicionalmente se identifican dos Subprogramas nacionales cuyo planteamiento pretende acotar algunas actuaciones, con el fin de organizar sus actividades de investigación, desarrollo e innovación de forma específica. Los Subprogramas nacionales identificados en el Programa Nacional son los siguientes:

- Subprograma nacional de Recursos y Tecnologías Agrarias en Coordinación con las Comunidades Autónomas.
- Subprograma nacional de Conservación de Recursos Genéticos de Interés Agroalimentario.

Se pretende que la ejecución del Programa Nacional sea más eficaz y se eviten solapamientos inconvenientes entre actividades, con el propósito de alcanzar una adecuada gestión de los recursos.

Además de la investigación orientada a las Prioridades Temáticas, se precisa de una investigación científica básica pero potencialmente aplicable al desarrollo futuro de las mismas. Su importancia como motor de la tecnología es reconocida en todas las áreas de interés socioeconómico, pero ello resulta particularmente importante en el campo de la producción agroalimentaria en el siglo XXI.

A continuación se identifican las prioridades temáticas de investigación del Programa Nacional, así como sus líneas principales de actuación.

Mejora de la producción y transformación en el ámbito agroalimentario

Se pretende la mejora y optimización de las empresas agroalimentarias mediante la incorporación de aquellas técnicas que aseguren una producción sostenible con tecnologías no contaminantes y que contribuyan a incrementar y/o aprovechar la diversidad biológica de los sistemas agrícola, ganadero, acuícola, pesquero y forestal. Asimismo, el mejor conocimiento de los aspectos socioeconómicos relativos a competitividad, gestión empresarial, política agraria, desarrollo rural, mercados y consumo son también un objetivo prioritario. Al respecto se consideran las siguientes líneas de actuación, considerándose en todas ellas incluidos los aspectos socioeconómicos:

1. Análisis y mejora de los sistemas de producción agrícola y forestal, actuando sobre la mejora genética y la biotecnología de especies vegetales, la fisiología vegetal, el manejo de cultivos (incluyendo el laboreo, la fertilización y, en su caso, el riego) y la mecanización, orientados a la reducción de los costes de producción y a una mejor utilización de los recursos naturales y de los insumos.
2. Manejo sostenible y optimización del rendimiento de los sistemas de producción de especies ganaderas y acuícolas, actuando sobre la mejora genética, la fisiología y las tecnologías de reproducción, de alimentos y de alimentación, orientadas a la reducción de costes de producción y a la más eficiente utilización de insumos.
3. Diversificación de la producción de las empresas agroalimentarias. Valoración de la viabilidad potencial de nuevas especies de interés socioeconómico, incluidas las de uso no alimentario.
4. Protección vegetal: investigación orientada a un mejor diagnóstico y caracterización de los agentes causantes de daños, su biología y ecología, así como las bases que rigen su interacción con el cultivo agrícola o la masa forestal y, a través de ello, al desarrollo de estrategias y sistemas de control más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

5. Sanidad Animal: desarrollo de métodos de diagnóstico rápido, tratamiento, control y prevención de enfermedades mediante el desarrollo y el uso racional de medicamentos veterinarios y compuestos prebióticos y probióticos, así como el estudio de nuevas infecciones y de los factores epidemiológicos relevantes para la prevalencia de enfermedades.
6. Composición, estructura, funcionamiento y evolución de los sistemas forestales. Gestión sostenible y multifuncionalidad de los mismos. Caracterización y valorización de materias primas y productos forestales. Desarrollo y mejora de tecnologías de aprovechamiento industrial de los productos y residuos forestales.
7. Mejora del conocimiento y evaluación periódica de los recursos pesqueros de interés para las flotas españolas y desarrollo de metodologías para su evaluación. Estrategias de explotación pesquera que tengan en cuenta los ecosistemas marinos. Nuevas tecnologías para el aprovechamiento pesquero.
8. Modelización, diseño, optimización y validación de procesos de transformación y de conservación de alimentos. Desarrollo de nuevos sistemas de envasado, incluyendo la incorporación de componentes de interacción positiva con el producto.
9. Estudio de procedimientos de evaluación y aprovechamiento de subproductos agroalimentarios.
10. Ingeniería de procesos para la industria agroalimentaria. Desarrollo de tecnologías y nuevos equipos para la mecanización y automatización de procesos en los sistemas de producción agroalimentaria. Desarrollo de prototipos y equipos para la industrialización de productos agroalimentarios.
11. Mejora en la toma de decisiones, tanto en el ámbito del sector público como en el empresarial, optimización económica a lo largo de la cadena agroalimentaria. Valoración socioeconómica de la puesta en práctica de los nuevos procesos productivos.

Adicionalmente a las líneas de actuación identificadas en la prioridad temática, se quiere resaltar la necesidad de fomentar el alcance de prioridades incluidas en la misma, movilizándolas, orientadas a la horticultura intensiva con las siguientes necesidades de investigación:

- Limitar la incidencia de plagas y enfermedades en cultivos intensivos, en el contexto actual de reducción del número de materias activas del catálogo europeo de productos fitosanitarios.
- Disminución progresiva de los residuos de productos fitosanitarios permitidos legalmente en frutas y hortalizas para garantizar una mayor seguridad alimentaria.
- Reducción de los efectos medioambientales negativos de la intensificación agraria.

Por ello, adicionalmente, se identifican las siguientes líneas de actuación:

12. Mejora de los sistemas de producción intensiva, potenciando la implantación de sistemas con menor impacto ambiental, con control integrado de plagas y enfermedades y la utilización de productos químicos con criterios medioambientales, de eficacia y de seguridad del operario. Bases científicas y técnicas para la certificación y auditoría de producción integrada y trazabilidad del producto.
13. Gestión integrada de los residuos sólidos y líquidos generados en la actividad agrícola, fundamentalmente soluciones nutritivas, sustratos, plásticos y envases de productos químicos. Reducción de contaminación en suelos y aguas por la actividad agraria, particularmente por nitratos.

Por otra parte, adicionalmente a las líneas de actuación identificadas en la prioridad temática, se quiere también resaltar la necesidad de fomentar el alcance de otras prioridades incluidas en la misma, movilizándolas, orientadas a la interacción sanitaria entre fauna salvaje y ganadería, con el fin de gene-

rar conocimiento sobre la epidemiología de estas infecciones, las interrelaciones epidemiológicas entre el ciclo salvaje y doméstico de las infecciones, y sobre todos aquellos factores que influyan en la conservación de especies salvajes amenazadas, y en la transmisión de enfermedades. Para ello, se identifican las siguientes líneas de actuación:

14. Conocimiento de la prevalencia y epidemiología de las infecciones de las especies salvajes y de su interrelación con especies domésticas y la especie humana.
15. Estudio de los efectos de las infecciones en la dinámica poblacional de las especies salvajes.
16. Identificación de los factores de riesgo y establecimiento de protocolos que permitan orientar las estrategias de control de enfermedades para conservación de especies.
17. Interrelaciones de las actividades asociadas al manejo cinegético y acuícola (cría en cautividad, traslados, alimentación artificial...), con los ecosistemas y sobre especies salvajes, en especial sobre especies amenazadas.
18. Desarrollo y puesta a punto de técnicas de diagnóstico y de control y profilaxis para las enfermedades de interés sanitario y zoonótico, apropiadas para uso en las especies salvajes.
19. Impacto de factores medioambientales y humanos en la supervivencia de especies salvajes.
20. Papel de las especies salvajes en la emergencia de nuevas infecciones.

Obtención y elaboración de productos agroalimentarios seguros, saludables y de calidad

Para satisfacer las demandas de la sociedad y potenciar la competitividad de la industria agroalimentaria española, es preciso producir alimentos seguros, saludables y de alta calidad, definiendo no sólo sus propiedades nutritivas, organolépticas y funcionales sino también la interacción de los procedimientos productivos con los factores medio ambientales y de bienestar animal, habida cuenta de la creciente sensibilidad social por estos aspectos. Asimismo es preciso sentar las bases científico-técnicas que permitan asegurar la inocuidad de los alimentos y comprender el papel de los mismos en la salud y el bienestar humano. En este sentido se consideran las siguientes líneas de actuación:

1. Identificación y modo de acción de genes o secuencias génicas responsables de caracteres de calidad en los productos de origen vegetal o animal, así como actividades microbianas de interés en procesos biotecnológicos de elaboración de alimentos y desarrollo de metodologías para una más eficiente selección y evaluación de los mismos.
2. Identificación y desarrollo de sistemas de cultivo, cría, producción y pesca con incidencia en las características de calidad y estabilidad de los productos y en los aspectos nutricionales y funcionales.
3. Identificación y monitorización de parámetros indicadores del grado de bienestar animal y desarrollo de estrategias para su mejora, actuando tanto sobre infraestructuras, manejo, reproducción y alimentación, como sobre el transporte y el sacrificio.
4. Diseño y optimización de procedimientos de elaboración de alimentos e ingredientes alimentarios que permitan mantener o mejorar sus características organolépticas, nutricionales y funcionales. Aplicación de tecnologías emergentes, de la biotecnología y la genómica al desarrollo de nuevos alimentos, ingredientes y aditivos.
5. Procedimientos rápidos de investigación de contaminantes químicos, biológicos y de residuos presentes en los alimentos, incluyendo la detección de la migración de sustancias nocivas desde materiales en contacto con los alimentos durante los procesos de tratamiento y conservación.
6. Desarrollo de técnicas para la determinación del origen, trazabilidad y autenticidad de materias primas, ingredientes alimentarios, microorganismos de interés industrial y productos.

7. Mantenimiento y mejora de la salud por medio de la alimentación. Estudio de la influencia de la dieta en la prevención de enfermedades y en el envejecimiento. Investigación de la actividad biológica de productos alimentarios de interés funcional. Desarrollo de métodos de detección de sustancias responsables de alergias e intolerancias alimentarias. Evaluación de las necesidades nutricionales de grupos de población específicos.
8. Estimación de los condicionantes económicos para llevar a cabo los procesos de la cadena agroalimentaria y aumentar la competitividad en los mercados.

Adicionalmente a las líneas de actuación identificadas en la prioridad temática, se quiere resaltar la necesidad de fomentar el alcance de prioridades incluidas en la misma, movilizándolo su conocimiento, como las bases científicas de los alimentos e ingredientes funcionales, mediante las siguientes necesidades de investigación:

- Demostrar científicamente la funcionalidad y el beneficio vinculado a la misma.
- Evaluar el riesgo alimentario: Determinación del peligro, caracterización del peligro, evaluación dosis / respuesta, caracterización del riesgo, balance riesgo / beneficio.

Para dar respuesta a estas necesidades de investigación, es imprescindible llevar a cabo las siguientes líneas de actuación pluridisciplinarias que agrupen a investigadores del sector clínico con especialistas en Ciencia y Tecnología de Alimentos e investigadores del sector industrial agroalimentario.

9. Determinación de la actividad biológica de ingredientes de interés para la elaboración de alimentos funcionales.
10. Determinación de la estabilidad de constituyentes funcionales en el aparato digestivo. Biodisponibilidad. Acumulación y distribución de metabolitos en tejidos y en fluidos biológicos.
11. Efecto de los microorganismos del tracto digestivo en el metabolismo y absorción de constituyentes bioactivos de alimentos. Microorganismos probióticos y agentes prebióticos.
12. Evaluación de posibles efectos indeseables y acumulativos que se pudieran producir como consecuencia del enriquecimiento en ingredientes funcionales. Balance beneficio / riesgo.
13. Efecto de la producción, procesado y conservación de los alimentos sobre la actividad biológica y estabilidad de sus constituyentes funcionales. Estudio de sistemas de protección y de portadores de los ingredientes funcionales.

La producción agroalimentaria desde la perspectiva de la conservación del medio ambiente y el uso integral del territorio

La interacción que los sistemas de producción agroalimentaria tienen con el medio terrestre y acuático, tiene un insustituible valor como herramienta de gestión del medio natural y la conservación de la biodiversidad, que es preciso tener en cuenta para lograr un uso sostenible del territorio y de los recursos. Por ello, resulta prioritaria la mejora, bajo criterios de sostenibilidad, de los sistemas actuales de explotación, producción y transformación, así como el desarrollo de sistemas alternativos que garanticen la conservación y regeneración de la biodiversidad. Las líneas consideradas en este ámbito son las siguientes:

1. Disminución del impacto ambiental de los sistemas de producción y transformación mediante el uso racional de insumos, la caracterización ecotoxicológica y la reducción y gestión de efluentes y residuos. Recuperación y reciclado de residuos y efluentes. Evaluación del efecto de la actividad pesquera y acuícola en el ecosistema marino.
2. Reducción de la erosión y de la degradación de suelos mediante sistemas de laboreo de conservación, la aplicación de enmiendas, el uso racional de fertilizantes, la biofertilización, el biocontrol, el eficiente pastoreo y el adecuado aprovechamiento y uso de los sistemas forestales.

3. Eficiente manejo y uso del agua en relación a las necesidades hídricas de las plantas y la selección de especies y variedades de menor consumo y resistentes a la salinidad. Análisis de los aspectos económicos legados al factor agua y al mercado del agua.
4. Evaluación y mejora del carácter multifuncional de los ecosistemas fluviales, marítimos y los agrosilvopastorales, como contribución al mantenimiento o regeneración de los recursos, la biodiversidad, el desarrollo rural y la calidad de vida.
5. Desarrollo de sistemas de producción integrada y mejora de los sistemas de producción adaptados a condiciones locales o regionales. Evaluación medio-ambiental y productiva de los sistemas de producción ecológica y desarrollo de mecanismos de trazabilidad.
6. Desarrollo de sistemas de prevención y lucha integrada contra los incendios forestales. Tecnologías sobre quemas controladas, predicción de condiciones de riesgo y combate del incendio. Respuesta de la masa forestal en la regeneración postincendio.
7. Desarrollo de tecnologías para la minimización del impacto ambiental de los procesos agroalimentarios.

Adicionalmente a las líneas de actuación identificadas en la prioridad temática, se quiere resaltar la necesidad de fomentar el alcance de prioridades incluidas en la misma, movilizándolas, como es el caso de los sumideros agroforestales de gases de efecto invernadero, con el fin de conseguir impulsar la estabilización de las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a los niveles de 1990, impidiendo sus peligrosas interferencias de carácter antropógeno en el sistema climático. Para ello se identifican las siguientes líneas de actuación adicional en investigación:

8. Desarrollo de metodologías para determinar la capacidad de captación de carbono por los ecosistemas forestales y agrícolas (vegetación y suelo). Evaluación de prácticas de gestión agraria para potenciar la efectividad como sumideros. Inventarios del carbono secuestrado a nivel nacional.
9. Optimización de prácticas de gestión agraria a fin de minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero.
10. Desarrollo de técnicas de cultivos agrícolas y forestales destinados a la producción eficiente de biomasa para su aprovechamiento energético.
11. Valoración socioeconómica de los diferentes mecanismos de flexibilidad previstos en el Protocolo de Kioto (comercio de emisiones, proyectos de MDL y AC). Estudio y valoración de modalidades y procedimientos de asignación de créditos.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE RECURSOS Y TECNOLOGÍAS AGRARIAS EN COORDINACIÓN CON LAS COMUNIDADES AUTÓNOMAS

El Subprograma nacional de Recursos y Tecnologías Agrarias en coordinación con las Comunidades Autónomas tiene su precedente en el Plan Nacional de I+D+I (2000-2003) bajo la denominación de "Acción Estratégica de Recursos y Tecnologías Agrarias", (en breve, RTA) compartiendo las mismas prioridades temáticas que el Programa Nacional del que dependía, el Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias, entre las que la Comisión Coordinadora INIA-CCAA determinaba en cada convocatoria aquellas que consideraba preferentes, indicándose que se gestionarían las actuaciones de I+D de forma similar a una acción estratégica. Presentaba una particularidad única dentro del sistema español de I+D: la titularidad compartida INIA (AGE)-CCAA, consecuencia de haber sido la investigación agraria la única cuyas competencias fueron objeto de parcial traspaso a las CCAA. El actual Subprograma Nacional de Recursos y Tecnologías Agrarias en coordinación con las CCAA, incluye tanto las prioridades

que tratan de promover la eficacia de la producción agraria, como las que promuevan su sostenibilidad, su utilización óptima para el consumo, y las que fomenten la actividad agraria como soporte del desarrollo rural integrado.

Según datos del INE para el año 2001, los gastos internos totales en I+D en Ciencias Agrarias fueron 442,3 millones de Euros, que suponen el 7,1 % del gasto interno total en I+D. De estos gastos totales corresponde al Conjunto INIA-CCAA el 42,7%. La participación en el RTA (gestionado como un programa) ha estado reservada hasta la fecha a los Centros y equipos de investigación agroalimentaria de las CCAA, si bien han podido colaborar equipos de otras instituciones, siempre que sus proyectos fuesen presentados a través de las CCAA y siendo el investigador responsable una persona adscrita al Centro de la Comunidad Autónoma.

Con un carácter de complementariedad con el resto de las actuaciones del Programa Nacional, el objetivo del presente subprograma es la realización de acciones de I+D+I que, dentro de las prioridades temáticas contempladas en el Programa Nacional, se refieran a aspectos de especial interés territorial para las CCAA. Se pretende potenciar la coordinación entre distintas CCAA para resolver problemas comunes, y estimular, dentro de cada Comunidad Autónoma, la cooperación entre grupos de investigación de diferentes administraciones, centros tecnológicos y empresas.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACIÓN DE RECURSOS GENÉTICOS DE INTERÉS AGROALIMENTARIO

El objetivo de este subprograma es garantizar la correcta conservación de los recursos fitogenéticos y zoogenéticos de interés para la alimentación y la agricultura, así como de las colecciones de cultivos microbianos de interés agroalimentario.

Históricamente los recursos fitogenéticos fueron ya objeto de atención del primer Plan Nacional de Investigación Agraria (1984-88) y, posteriormente del Programa Sectorial de I+D Agrario y Alimentario del MAPA (1989-1992), recibiendo un tratamiento diferenciado a partir de 1993, año en que por Orden ministerial se creó el Programa de Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos del MAPA y el Centro de Recursos Fitogenéticos del INIA, configurándose una Comisión del Programa y una Red de Colecciones del Programa.

A partir de 1993 se han desarrollado importantes actuaciones de prospección, recolección, multiplicación, caracterización y evaluación de los recursos fitogenéticos, así como en el establecimiento de la Red del Programa mediante Convenios del INIA con las CCAA, CSIC y Universidades para atender la financiación de las actividades permanentes, que son aquellas consustanciales con la conservación y documentación de los recursos fitogenéticos. El hecho de que las colecciones vivas y bancos de semillas de los recursos fitogenéticos pertenezcan en su inmensa mayoría a instituciones públicas ha facilitado la constitución y desarrollo de dicha Red de Colecciones, y ha determinado, asimismo, que el tratamiento y las actuaciones en el campo de los recursos fitogenéticos hayan superado ampliamente a lo realizado respecto a otros recursos genéticos que presentan una mayor complejidad, sea por su naturaleza intrínseca, sea por las características de las entidades que los conservan.

Las actuaciones en el campo de los recursos fitogenéticos han respondido a sendos planes de actuación, cuatrienales los dos primeros (1993-1996, 1997-2000) y trienal el último (2001-2003) a fin de acomodarlo al restante período de vigencia del Plan Nacional de I+D+I (2000-2003), que había reconocido el interés de este Programa de Conservación y Utilización de Recursos Fitogenéticos.

Dada, pues, la distinta naturaleza de los recursos genéticos y las características diferenciales de las entidades conservadoras, no pueden considerarse de una manera uniforme las actuaciones a desarrollar, si bien, en cualquier caso, deberán ser objeto de este subprograma nacional fundamentalmente los

recursos genéticos de interés agroalimentario en peligro de extinción, preferentemente autóctonos, quedando específicamente excluidos de la acción los estudios teóricos, los estudios para verificar hipótesis, los estudios de mejora de procedimientos o técnicas no comprobadas. No obstante, se promoverá aquella investigación cuyo objetivo sea desarrollar nuevos procedimientos y técnicas, o la mejora de los protocolos existentes, en aquellas especies en las que aún no se hayan desarrollado protocolos de conservación de recursos genéticos eficientes.

Respecto a los recursos fitogenéticos deberán mantenerse como hasta el presente los Planes de Actuación Cuatrienales, en los que se establezcan las prioridades a desarrollar durante la vigencia del presente Plan Nacional. En cuanto a los recursos zoogenéticos, se definirá un primer plan de actuación, en el que podrán considerarse actividades permanentes las inherentes a la conservación *in vitro*, independientemente de que la entidad conservadora sea pública o privada, pero la conservación *in vivo* sólo podrá ser considerada en caso de entidades públicas. Finalmente, respecto a los recursos genéticos microbianos, las características intrínsecas del material y las dificultades para determinar si está en peligro de extinción determinarán que sólo puedan considerarse actuaciones financiadas las referidas a colecciones de material de interés justificado en el ámbito agroalimentario.

Este subprograma será objeto de una convocatoria abierta continuamente, para actividades cuya duración no exceda de la duración del Plan Nacional de I+D+I, 2004-2007.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

4.1 Centros de Competencia

La creación de Centros de Competencia Científico-Tecnológica (CECOC) previstos en el Plan Nacional de I+D+I (2000-2003), como es el caso de productos transformados de la carne (CECOC-PTC), ha representado un salto cualitativo de primer orden para la coordinación de actividades de grupos de investigación. Es interesante continuar en esta línea de creación de centros de competencia en el sector agroalimentario, entendiendo como tales las organizaciones estables de carácter público, privado o mixto, dotadas de autonomía científica tecnológica y administrativa, que no requieran necesariamente la creación física de un centro y permitan la utilización, cada día más desarrollada, de las redes de comunicación y de las herramientas de trabajo cooperativo que facilitan este sistema organizativo, todo ello con el objetivo de desarrollar líneas de investigación, desarrollo e innovación, en un área determinada, apoyando las actividades del personal de excelencia, creando o potenciando centros de referencia en un área aplicada de interés para determinados sectores empresariales, con especial atención a los intereses de las PYMEs y potenciando actividades de I+D+I fuertemente ligadas a la coordinación entre los grupos de I+D que desarrollan su labor en ese ámbito.

Con tal finalidad se proponen en el ámbito de este Programa Nacional los Centros de Competencia que se detallan a continuación en relación priorizada.

Centro de Competencia en Seguridad de los Alimentos (CECOC-SA)

El Plan Nacional de I+D+I (2000-2003) definía en el Área Científico Tecnológica de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias un centro de competencia en Bioseguridad de los Alimentos como parte de la estrategia encaminada a dar respuesta a la preocupación creciente en materia de seguridad alimentaria.

La Ley 11/2001, de 5 de julio de creación de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria (AESAs), así como el estatuto de la misma, de 19 de julio de 2002, que establece su estructura y funciones refuerzan el planteamiento de la necesidad del asesoramiento científico en materia de seguridad alimentaria. En este sentido la propia Agencia dispone de un Comité Científico que tiene como funciones las de pro-

porcionar dictámenes científicos en materia de seguridad alimentaria, definir el ámbito de los trabajos necesarios para las funciones de la Agencia y coordinar los trabajos de grupos de expertos, que realicen la evaluación de riesgos.

En este sentido se plantea la creación de un centro de competencia en seguridad de los alimentos cuyos objetivos sean la evaluación del riesgo alimentario, respondiendo a las demandas del comité científico y de los órganos de gobierno de la AESA mediante la coordinación e identificación de grupos e instituciones de excelencia, y el desarrollo e innovación en materia de seguridad alimentaria.

El CECOC-SA se propone como una red estable de coordinación de naturaleza virtual constituida por distintas redes o grupos de expertos, uno por cada área de interés, con un nodo central.

Centro de Competencia en Productos Transformados de la Pesca y la Acuicultura (CECOC-PA)

Se trata de la promoción de un Centro para productos frescos y transformados de la pesca y de la acuicultura con el objetivo fundamental de acercar en mayor medida la investigación a la demanda. En dicho campo de actividad existe en la actualidad una necesidad prioritaria de coordinar y mejorar, en su caso, la gran labor que en la actualidad desarrollan grupos con capacidad demostrada y conforman una masa crítica importante en el campo de los productos del mar. La creación del mismo generaría un gran beneficio para las empresas del sector, buscaría su dinamización, potenciación y crecimiento en relación con la I+D, lo que ayudaría a ser más competitivas y con mayor internacionalización.

El Centro sería una herramienta muy útil y fundamental no sólo para todas las actividades del sector de productos de la pesca y de la acuicultura, sino para el asesoramiento científico-técnico para las Administraciones y concretamente para la Agencia Española de Seguridad Alimentaria.

Centro de Competencia en Gestión y Productos forestales (CECOC-GPF)

EL CECOC-GPF se propone como un Centro en Red, que permita coordinar a los equipos de investigación y técnicos de excelencia, a fin de alcanzar avances cualitativos importantes, en el ámbito de las actividades de I+D+I relativas a la gestión sostenible y multifuncional de los sistemas forestales y a la mejora y diversificación de sus productos. Se hará especial hincapié en la interfase gestión-productos, sus connotaciones socioeconómicas y su impacto en el desarrollo rural.

La gestión sostenible y multifuncional de los sistemas forestales se basa en los principios aprobados en los distintos foros multilaterales (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Conferencias Paneuropeas Ministeriales sobre Protección de Bosques, etc.) y nacionales (Estrategia Forestal Española, Plan Forestal Nacional, entre otros), y ha de satisfacer las demandas de los consumidores en bienes, servicios y productos.

Los beneficiarios de los resultados de la actividad del CECOC-GPF serán la AGE, CCAA, y los Comités Nacionales establecidos para coordinar sus actividades, los sectores empresariales (viveristas, consultorías forestales, empresas de restauración forestal, industria de la madera y sus productos derivados, etc.), las asociaciones de propietarios, etc.

Centro de Competencia en Productos Transformados de Origen Lácteo (CECOC-PTL)

El sector lácteo es el segundo subsector en importancia de la industria española de alimentación y bebidas. Por otro lado los investigadores del sistema público de I+D dedicados a temas lácteos alcanzan una masa crítica importante, además de una producción científica y tecnológica muy relevante, pero no se encuentran suficientemente coordinados entre sí, y menos aún con las empresas que en el sector realizan innovaciones de I+D+I, no solo en producción sino en el diseño de procesos y bienes de equipo.

De lo anterior se deduce la conveniencia de crear un centro de competencia en red de productos transformados de origen lácteo (CECOC-PTL) para coordinar las líneas de investigación en proceso de

desarrollo, centrar los objetivos perseguidos e impulsar la obtención de resultados a las necesidades del sector productivo de forma que se mejoren los productos lácteos españoles.

El CECOC-PTL deberá estar prioritariamente orientado, a aunar esfuerzos en la resolución de aquellas cuestiones científicas, tecnológicas y de innovación más importantes. Además el CECOC-PTL promoverá la actuación complementaria y coordinada de los grupos de investigación y de los centros tecnológicos, al objeto de alcanzar una acción complementaria y sinérgica, que posibilite avances científico-tecnológicos y una rápida transferencia de tecnología a los sectores.

Centro de Competencia en Tecnología de Poscosecha de Frutas y Hortalizas (CECOC-TPFH)

Centro en Red orientado fundamentalmente al desarrollo de la tecnologías de manejo y conservación de frutas y hortalizas para consumo en fresco, mejorando los procesos de manipulación, y conservación, control de enfermedades y fisiología de la maduración e incorporando de nuevas tecnologías y automatismos de control.

España es uno de los principales productores y exportadores de frutas y hortalizas de Europa con más de 10 millones de toneladas de hortalizas y unos 9 millones de toneladas de frutas y cítricos. Las pérdidas en este sector a lo largo del proceso de recolección hasta el consumidor, tanto en calidad como en cantidad, se estiman entre un 10 y un 20 %. Para reducir estas pérdidas y mejorar la calidad final es necesario continuar mejorando los factores biológicos y medioambientales relacionados con el proceso de conservación y almacenamiento de las frutas y hortalizas, incrementar el uso de tecnologías que retrasen la senescencia y mantengan la calidad del producto; reducir la utilización de productos químicos, utilizar componentes naturales en el recubrimiento e incorporar tecnologías avanzadas en los sistemas de almacenamiento, selección y detección de calidad.

Este sector cuenta con un potencial investigador importante tanto en diferentes OPIS como en los sectores industriales de maquinaria de almacenes, productos químicos y en sectores nuevos de tecnología de control y trazabilidad del producto. A pesar de este potencial, es necesario mejorar la coordinación entre los diferentes grupos de investigación existentes y apoyar proyectos de desarrollo y la innovación en el sector empresarial para mejorar la competitividad e internacionalización de estas empresas.

No obstante a la relación priorizada de Centros de Competencia descrita, el Programa Nacional podría identificar la creación de otros CECOCs mediante los Programas de Trabajo anuales del Plan Nacional. Entre los que podrían reconocerse de interés pueden mencionarse los Centros de Competencia en "Tecnología de Cultivos Bajo Cubierta", "Gestión y Productos Ganaderos" y "Utilización óptima del agua de riego" (como centro distribuidor en Red).

4.2 Instalaciones

Red de Invernaderos para el manejo de plantas transgénicas

Como consecuencia de los avances en las técnicas de biología molecular de plantas, la obtención de plantas transgénicas que expresen proteínas de defensa u otros productos génicos es una vía factible para llegar a cultivar plantas con altos niveles intrínsecos de resistencia a factores bióticos y abióticos, y/o con nuevas propiedades nutritivas, organolépticas y sanitarias. Los rápidos avances en la tecnología del ADN recombinante han hecho posible que en la actualidad exista un amplio abanico de genes que es factible incorporar a plantas cultivadas para lograr las propiedades mencionadas. La experimentación con plantas transgénicas requiere condiciones de crecimiento que permitan su uso y desarrollo hasta la floración, sin que se produzcan fugas de polen al medio ambiente. La percepción pública sobre el tema, junto con la estricta normativa oficial para su manejo, justifica la dotación de una Red de Invernaderos para la experimentación con plantas transgénicas. Esta necesidad es coincidente con la identificación rea-

lizada en el Programa Nacional de Biotecnología. Los invernaderos deben estar ubicados en lugares que permitan el uso compartido de grupos procedentes de varias instituciones con experiencia acreditada en esta tecnología. En el sistema cooperativo de investigación agraria INIA-Comunidades Autónomas y con financiación conjunta ya se ha iniciado la creación de una red de estas características, al igual que otras iniciativas interesantes de otros OPIs y centros tecnológicos que hacen recomendable continuar potenciando esta labor ya emprendida.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

5.1 Recursos humanos

Para mejorar los Recursos Humanos dedicados a este Programa Nacional es necesario seguir incorporando, en primer lugar, al mayor número posible de investigadores postdoctorales mediante una oferta secuencial de contratos con un salario razonable, como el propiciado por el Programa Ramón y Cajal, facilitando su incorporación al sistema mediante un puesto estable. En segundo lugar, la oferta de becas debe estar ajustada al número de incorporaciones finales.

Para ello se puede suponer que de 100 posgraduados deseando iniciar una carrera de investigación, 80 obtendrían una beca predoctoral (por 4 años), de los que solamente 64 obtendrían una beca posdoctoral en el extranjero (por 1-2 años), si esa fuera la siguiente etapa. De ellos solamente 50 es esperable que consiguieran un contrato posdoctoral asociado a proyectos de I+D (por 2-3 años) y solamente 40 obtendrían un contrato del Programa Ramón y Cajal, de los que solamente 30 obtendrían una estabilidad en el empleo. Para cada etapa se ha considerado una tasa de éxito del 80 %, lo que sólo sería posible si se dispone de graduados motivados y de alto nivel académico.

Más allá de estimaciones relativas, es necesario llevar a cabo estimaciones objetivas del número de investigadores en las distintas etapas. En el ámbito del Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias se estima, aproximadamente, que son 1.000-1.500 los equipos de investigación que acceden regularmente a proyectos de investigación. Así en las últimas convocatorias del Programa Nacional se ha venido financiando un total de 250 proyectos de tres años de duración: A ellos cabe añadir los 150 proyectos anuales de I+D de la hasta ahora acción estratégica Recursos y Tecnologías Agrarias. Por ello, globalmente, el tamaño de la población investigadora efectiva en este ámbito, considerando un promedio de 1,5 EDP por proyecto, puede estimarse en unos 2.000 investigadores. Esta cifra representa, aproximadamente, el 10 % de los 20.000 investigadores españoles que regularmente acceden a proyectos de investigación competitiva.

La reposición natural en condiciones ideales de esta población investigadora, y sin considerar un crecimiento muy necesario del sistema agroalimentario español de I+D+I, se podría estimar en un 3% anual; sin embargo, dentro de la vigencia del Plan Nacional de I+D+I, 2004-2007 es necesario hacer frente al problema que supone que, debido a la pirámide demográfica actual, hasta el 25% del personal investigador de muchos OPIs se estima que se vaya a jubilar en la próxima década. Esto hace recomendable que para mantener la situación (de carencia) actual sea necesaria incrementar esta tasa de reposición hasta el 5%.

Si aceptamos la cifra de unos 2.000 investigadores activos en este Programa, esta reposición representa un mínimo de 100 incorporaciones anuales al sistema público. De acuerdo al supuesto anteriormente realizado, esto exigiría un total de unos 350 becarios predoctorales de alto nivel. Este número es muy próximo al actual, por lo que hay que actuar más sobre la calidad de los candidatos y el proceso continuo de selección que con la necesidad de incrementar el total de becas predoctorales. Sin embargo, si las becas siguen concediéndose a licenciados e ingenieros con promedios de expediente académ-

mico del 1.5 a 1.8, estos números deberían incrementarse muy significativamente para garantizar que la reposición del personal investigador se realiza sólo con los altamente motivados.

Paralelamente a estas convocatorias que mediante la formación, incorporación y estabilización de doctores faciliten la reposición natural de los grupos de investigación, hay que identificar un número reducido de ámbitos científico – tecnológicos deficitarios a nivel estatal, en los que no se pueda garantizar la formación adecuada de nuevos doctores. Para estos, se harán necesarios programas específicos de convocatoria de becas predoctorales en centros de excelencia internacional identificados por una comisión ad hoc. Parece razonable suponer que en un horizonte de 350 becas predoctorales anuales, se dediquen del orden de un 10% a esta categoría.

Es necesario reiterar que no cabe esperar, ni probablemente sea deseable, que todas y cada una de estas incorporaciones al sistema sea a nivel de investigador principal de nuevos equipos. Algunos lo harán como investigadores principales de los proyectos y otros como técnicos de alto nivel en equipos potentes.

Esta carrera científica estructurada y dimensionada junto con actuaciones decididas en las mejoras estructurales de los grupos de investigación (particularmente en los ámbitos de simplificación de la gestión administrativa, gestión de los servicios instrumentales y personal auxiliar) permitiría, por otro lado, clarificar el apartado de personal a contratar en proyectos. Se debería limitar a la contratación puntual de personal técnico, preferiblemente eventual.

La incorporación de doctores a empresas se identifica como una necesidad del sistema agroalimentario para aumentar su nivel competitivo. Aunque en el análisis anterior no se han concretado dichas necesidades, se entiende que es necesario continuar con el Programa Torres Quevedo de incorporación de doctores y tecnólogos a empresas y asociaciones de investigación como etapa final de un proceso continuo de incorporación de científicos y tecnólogos en el sector privado de un modo independiente o en colaboración con OPIs. Los centros tecnológicos pueden participar también en este proceso asumiendo el papel de dar a los doctores y tecnólogos una preparación empresarial, complementaria a la científica y técnica.

Igualmente hay que fomentar la convocatoria de incorporación de Tecnólogos-Doctores especialistas en Transferencia y Prospectiva Tecnológica, en Asociaciones industriales sectoriales sin ánimo de lucro, en centros tecnológicos y en OPI's. Se ha señalado repetidas veces que uno de los déficit identificados con relación al Plan Nacional anterior es la dificultad de hacer efectiva la transferencia tecnológica de los resultados alcanzados por los equipos de investigación agroalimentaria a las empresas, así como la identificación de oportunidades de investigación para resolver los retos tecnológicos del sector privado.

En resumen las actuaciones previstas son:

- Promover un plan de choque con una incorporación alta a puestos estables y a contratos Ramón y Cajal, para absorber en unos pocos años a los posdoctorales que se han formado en los últimos 10 o 15 años. No todos como investigadores principales.
- Dimensionar el sistema y ofrecer becas y contratos posdoctorales en consonancia con los investigadores que el sistema (público y privado) pueda absorber.
- Incrementar sustancialmente los contratos de posdoctorales y técnicos asociados a los proyectos, para que los grupos puedan realizar investigación competitiva.

Otras actuaciones necesarias en el ámbito de los Recursos Humanos son:

- Apoyar las mejoras estructurales en el entorno de los grupos de investigación: simplificación de la gestión administrativa, gestión de los servicios instrumentales y personal auxiliar.
- Convocatoria de incorporación de Tecnólogos-Doctores especialistas en Transferencia y Prospectiva Tecnológica, en Asociaciones industriales sectoriales sin ánimo de lucro y en OPIs.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

A nivel empresarial, los proyectos de investigación de I+D+I, han de contribuir a situar a las empresas que realizan este tipo de actividades en una posición adecuada para afrontar los nuevos desafíos que surgen en un mercado cada vez más competitivo y globalizado. Por tanto se han de poner en marcha medidas encaminadas a fortalecer la base científica y la competitividad tecnológica de las empresas, con el objetivo de adaptarse a un entorno internacional de fuertes cambios tecnológicos.

Es necesario que la realización de proyectos de I+D+I no sea una actividad casual o accidental dentro de la planificación y los procesos de las organizaciones, y para conseguirlo es fundamental crear un clima de confianza y de mayor certidumbre, tanto para las empresas que han de tomar las decisiones de inversión, como para el resto de las partes interesadas en la investigación, el desarrollo tecnológico, y la innovación. De esta forma, los incentivos fiscales a las empresas por sus inversiones en I+D+I son una herramienta más, para lograr ese objetivo de incorporación de la investigación a las actividades empresariales, medida que sin embargo ha de ir acompañada por un sistema de reconocimiento de esa actividad que puede ir encauzada a través de la certificación de proyectos de I+D+I.

Este reconocimiento del esfuerzo empresarial en investigación necesita ser facilitado y planteado desde la definición de una serie de requisitos que se consideren relevantes dentro de un proyecto de I+D+I, y que permita su sistematización, sin menoscabo de la actividad creativa del proceso innovador, y que pueda considerarse como referencia en manos de las organizaciones para definir, documentar y desarrollar proyectos de investigación, y para demostrar a todas las partes interesadas su participación en proyectos de I+D+I.

5.3 Cooperación internacional

El Plan Nacional de I+D+I también se configura teniendo en cuenta la política de investigación europea y, concretamente, los objetivos marcados para conseguir el Espacio Europeo de Investigación (EEI). Aunque los planes nacionales se enfocan hacia aspectos estratégicos más próximos, no se puede obviar que los actores de la investigación deben de estar cada vez más involucrados en los nuevos instrumentos que conducen a la integración y el reforzamiento del EEI. El Plan Nacional tiene que facilitar esa participación de los investigadores y de los inversores, no sólo como meros integrantes de los consorcios sino también para promover la dirección y coordinación de las distintas iniciativas que se puedan emprender desde nuestro país. Por otro lado, la puesta en marcha de los nuevos instrumentos en el 6º PM, Redes de Excelencia y Proyectos integrados, requiere de un cambio conceptual en la consideración de los grupos de investigación. En este sentido, el Plan Nacional puede actuar como catalizador en la formación de grupos nacionales capaces de competir en el nuevo escenario europeo.

La propia naturaleza del presente Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias lo constituye en un adecuado instrumento de cooperación internacional. Para ello se deben articular mecanismos que optimicen los fondos destinados a actividades relacionadas con la formación e investigación en países fundamentalmente del ámbito iberoamericano, y que pueden articularse mediante mecanismos de participación dentro de este programa: becas, proyectos de I+D+I, entre otros.

Por otro lado, en el ámbito del Programa, se considera importante apoyar a centros de I+D del Grupo Consultivo Internacional de Investigación Agraria (CGIAR) para la realización de proyectos de investigación conjuntos. Apoyar las actividades del Centro Internacional de Altos Estudios Agronómicos Mediterráneos y, en particular, del Instituto Agronómico Mediterráneo de Zaragoza que promueve proyectos de investigación cooperativos y formación avanzada de técnicos para el sector agroalimentario en países de interés estratégico para España como los de la cuenca Mediterránea y de Latinoamérica.

5.4 Redes temáticas

Las redes temáticas de grupos de investigación y empresas son un instrumento con demostrada utilidad para la puesta en contacto y coordinación de actividades en torno a un tema concreto del ámbito del Programa. Hasta el momento, la creación y funcionamiento de las redes se ha realizado con financiación de las convocatorias de Acciones Especiales. Para potenciar la creación de redes y el mantenimiento adecuado de sus actividades, la financiación de este instrumento de cooperación científica y técnica puede realizarse mediante convocatorias específicas en las que se valore el interés estratégico de la creación de la red y se financien convenientemente sus actividades, incluyendo dotaciones específicas para la gestión interna. Las redes son una vía eficaz de cooperación internacional por su capacidad de contactar y coordinarse con redes análogas de otros países. La sinergia internacional entre redes es un aspecto a potenciar en las convocatorias específicas.

El desarrollo experimentado en los últimos años por las redes temáticas puede ser aprovechada por el Plan Nacional de I+D+I (2004-2007) en la perspectiva de potenciar la creación y constitución de este tipo de instrumentos de coordinación entre grupos de investigación y grupos tecnológicos, así como para dotarlos de estabilidad suficiente para que puedan evolucionar hacia otras estructuras o niveles de excelencia científica y tecnológica, aprovechando la masa crítica que pueden generar en su entorno.

En este planteamiento no parece oportuno establecer una lista de posibles redes temáticas sino que se realizará en el Programa de Trabajo anual del Plan Nacional.

5.5 Fomento de la cultura científica y tecnológica

Es indudable la importancia que los avances científicos y tecnológicos obtenidos en los proyectos de I+D sean divulgados a la sociedad en general. Además de la publicación de artículos científicos para poner a disposición de la comunidad científica internacional las contribuciones al progreso de la ciencia que se hayan realizado, es particularmente importante en el ámbito del Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias transmitir a los consumidores y a las empresas de manera clara y eficaz los avances que se vayan produciendo principalmente en materia de seguridad, calidad y salubridad de los alimentos. Igualmente, es del máximo interés divulgar al sector productor los resultados que sirvan para mejorar su competitividad y la producción sostenible de recursos agroalimentarios. De igual manera, debe informarse a las administraciones públicas de los progresos en materia de investigación prenormativa.

En la evaluación de las propuestas de financiación se pondrá más énfasis en la valoración del plan de difusión de los resultados del proyecto. En las actuaciones de seguimiento de los proyectos se dará más relevancia a la realización de actividades de divulgación. Todo ello con el fin de potenciar el retorno a la sociedad de los recursos invertidos en I+D agroalimentaria y pesquera.

6 Relación con otros programas nacionales

Los estudios realizados en el ámbito del Programa se benefician frecuentemente de los progresos científicos y tecnológicos de otras Áreas Temáticas del Plan Nacional y al mismo tiempo ofrecen contribuciones al desarrollo de los objetivos de las mismas en una clara interacción bidireccional.

El Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias tiene una lógica relación con los ámbitos de los otros Programas del Área de Ciencias y Tecnologías Agroalimentarias y Medioambientales. Las nuevas estrategias de producción sostenible de productos agroalimentarios, forestales y pesque-

ros se realizan sobre las bases de la investigación y los desarrollos relativos a recursos naturales como el agua y el suelo. Los avances en ciencias marinas, la ecología y la taxonomía contribuyen también al progreso en la producción de recursos agroalimentarios, pesqueros y forestales. La acción identificada "Sumideros agroforestales de gases de efecto invernadero" tiene un carácter transversal en el Área, coincidiendo sus objetivos con algunos de los tres Programas Nacionales de este Área.

La temática del Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias interacciona con los ámbitos de otras Áreas Temáticas del Plan Nacional. Existe relación con algunos objetivos de los programas del Área de Ciencias de la Vida. Concretamente la acción estratégica "Bases científicas de los alimentos e ingredientes funcionales" coincide con el Programa Nacional de Biología Fundamental en estudios con base en la Fisiología Humana. El Programa Nacional de Biotecnología contempla investigaciones orientadas a la agroalimentación cuya aplicación sirve para el desarrollo de nuevos productos y procesos de producción agroalimentaria y, además, identifica una misma necesidad en instalaciones de invernaderos para el manejo de plantas transgénicas.

El Área de Tecnologías de la Sociedad de la Información y más concretamente el Programa Nacional de Tecnología de Servicios de la Sociedad de la Información, aporta al Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias los desarrollos en la gestión de servicios electrónicos para la calidad de vida.

Finalmente el Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias tiene relación con el Área de Humanidades, Ciencias Sociales y Económicas en lo que se refiere a la socioeconomía agroalimentaria a través del Programa Nacional de Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas.

Programa Nacional de Ciencias y tecnologías medioambientales

El Programa Nacional de Ciencias y Tecnologías Medioambientales contiene un fuerte nexo de unión entre el área de conocimiento y la actividad tecnológica. Los recursos naturales, objeto de las Ciencias Medioambientales, son destinados al beneficio de la sociedad, empleándolos como base de partida para muchas de las actividades humanas: como fuente de alimentación, fuente energética o fuente industrial, entre otras, mientras que las Tecnologías Medioambientales conllevan dos fines concretos: identificar la forma de empleo de los recursos naturales y paliar o minimizar los efectos no deseados que implican su transformación y el uso de los mismos; es decir, su gestión sostenible.

Sin embargo ese nexo indicado, se distingue una enorme diferenciación entre el área de conocimiento y la actividad. En efecto, mientras que los recursos naturales –objeto de las Ciencias Medioambientales– están centrados fundamentalmente en el contexto del medio biótico, marino en este caso, y del medio físico abiótico, hídricos, de otra parte, el ámbito de las tecnologías medioambientales se centra en las tecnologías, en todas aquellas operaciones y procesos de la ingeniería que hacen posible el aprovechamiento de los recursos y la minimización o anulación de los impactos indeseables sobre ellos.

Esta notable diferencia entre ambos ámbitos obliga, para un tratamiento racional de los mismos, que sean considerados separadamente desde el primer momento, lo que permite un mejor análisis, sin olvidar en ningún momento su nexo indicado inicialmente.

El programa nacional de ciencias y tecnologías medioambientales engloba así dos subprogramas nacionales que recogen estas tendencias apuntadas; el subprograma nacional de ciencias y tecnologías marinas y el subprograma nacional de tecnologías para la gestión sostenible medioambiental.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS MARINAS

1 Ámbito del subprograma nacional

La motivación de la propuesta de un subprograma de ciencias y tecnologías marinas emana del estrecho vínculo que existe entre la sociedad española y los mares a los que social, económica e históricamente está estrechamente asociada.

Temáticamente el subprograma abarca desde los aspectos básicos de estudio del medio físico, y de cómo éste condiciona el funcionamiento de los ecosistemas, hasta los aspectos más aplicados que permiten la implementación de estos conocimientos en tecnologías dirigidas a prevenir riesgos y diseñar planes de contingencia, mediante técnicas de oceanografía operacional. La investigación encaminada a un uso sostenible de los recursos pesqueros, la conservación del litoral y su uso racional en convivencia con las explotaciones turísticas y de acuicultura en las zonas costeras, son elementos clave a considerar en un país que obtiene de estos recursos el 10% de su producto interior bruto.

En el ámbito espacial el subprograma incluye desde los ecosistemas que se extienden en las llanuras abisales, hasta la franja costera, entendiéndose ésta como la zona terrestre bajo influencia marina. Los estuarios, rías, marismas y zonas costeras con cuencas fluviales, son importantes zonas de interfase donde se reclutan numerosos organismos, y deben ser contempladas específicamente. Si bien la investigación debe centrarse en las aguas territoriales de España y zonas adyacentes, la investigación marina por su propio contexto tiene relevancia a escalas espaciales mayores.

En el ámbito temporal el subprograma permite la implementación de sistemas observacionales de larga duración, con los que España pueda cumplir con compromisos internacionales, para diagnosticar el proceso de cambio global, así como detectar y predecir el efecto de ese cambio a nivel regional y local.

En el ámbito de organización, el subprograma debe fomentar la visibilidad de la aportación científica realizada por la sociedad española en el escenario internacional. En concreto, y manteniendo el sistema de proyectos en competencia libre, se debe potenciar la articulación de grupos que defiendan las aportaciones y el papel de España en aquellos organismos como IGBP, ICES o UNESCO que, a nivel internacional, actúan de agencias consultoras, para la toma de decisiones en las que se demanda conocimiento científico en Ciencias Marinas.

2 Justificación de la priorización del subprograma

2.1 Criterios Científicos

La vitalidad de la comunidad investigadora en Ciencias y Tecnologías Marinas ha quedado manifiesta en el progresivo aumento del número de grupos que presentan propuestas de investigación en el ámbito de las ciencias marinas en los sucesivos planes nacionales de I+D+I. La creciente competencia por los recursos que se derivan de este incremento de masa crítica y del proceso de selección de proyectos, ha forjado una comunidad cuya solidez queda patente en el éxito con el que ha afrontado los profundos cambios de política científica europea ocurridos con la implementación del sexto programa marco.

Este proceso de mejora natural tiene no obstante componentes de saturación que demandan de la política científica actuaciones encaminadas a promover un uso más efectivo de nuestro potencial investigador del medio marino y del uso que el estado español puede hacer de ese potencial en el entorno internacional. Las líneas de progreso para anular estas carencias deben apuntar hacia dos direcciones fundamentales: una mayor articulación de la comunidad científica y una mejor dotación de infraestructuras sin cuya presencia la investigación marina es en muchos casos imposible.

2.2 Criterios Tecnológicos

La complejidad del medio marino y lo difícil de su observación han planteado retos tecnológicos comparables a los que han llevado históricamente a la conquista del espacio.

La investigación en Ciencias y Tecnologías Marinas no se puede concebir sin un fuerte componente tecnológico ligado a sistemas para llegar a lugares de difícil acceso como los fondos oceánicos, a la observación automatizada de propiedades del mar, al desarrollo de nuevos sensores o a la teledetección del medio marino.

Esta fuerte demanda tecnológica ha potenciado que la investigación y los investigadores marinos actúen como entornos ideales donde incubar PYMES de base tecnológica. Esta potenciación tecnológico-empresarial se ha visto favorecida por componentes tanto de carácter sociológico (espíritu empresarial) como por el entorno administrativo absolutamente permeable entre el mundo público y el privado de aquellas sociedades en las que esta transferencia hacia el sector privado ha ocurrido.

Salvo escasas excepciones (como es un ejemplo la Unidad de Tecnología Marina del CSIC), la generación de tecnología y, sobre todo, la materialización de ésta en empresas, es escasa. El subprograma nacional de Ciencias y Tecnologías Marinas debe actuar como catalizador de la actual dependencia que las instituciones públicas y las empresas privadas del ámbito marino tienen de empresas tecnológicas extranjeras.

2.3 Criterios Sectoriales

Sectores clave de la sociedad española dependen directamente de recursos provenientes del medio marino. Numerosas economías locales están sometidas a una doble incertidumbre al depender de unos recursos vivos que en su mayoría están sobre-explotados, a la vez que sometidos a una intensa variabilidad natural. La franja costera de la que tan intensamente depende la industria nacional de turismo, también se encuentra en estado de sobre-explotación con necesidades crecientes de gestionar el recurso litoral de una manera sostenible que permita evitar una pérdida de calidad no sólo de estos ecosistemas sino de la propia oferta turística. Por otra parte, el previsible incremento de la actividad de acuicultura hace necesario el estudio del efecto que ésta tiene sobre el medio y sobre las especies que se utilizan directa o indirectamente. Nuestro país es además zona de intenso tráfico marítimo con riesgos potenciales que se han hecho evidentes recientemente.

Atender a las necesidades que de estos sectores surgen, en relación con procesos en el entorno marino, demanda estructuras nacionales que permitan, por un lado generar la información de los complejos procesos que los gobiernan y, por otro, implementar estos conocimientos con los fundamentos de operatividad adecuados, para que la sociedad se beneficie de ellos.

2.4 Criterios de Interés Público

Esta estructura es también básica para poder aportar respuestas a cuestiones relacionadas con el mar que, sin tener un impacto económico directo, son absolutamente necesarias para la sociedad española. Un ejemplo claro lo encontramos en la investigación oceanográfica que debe progresar en España hacia un componente predictivo-operacional que le permita afrontar la ocurrencia de sucesos que van desde la asistencia a naufragios hasta vertidos no deseables.

Resulta obvio que la generación de conocimiento del medio marino es de interés público para un país que tiene una costa tan extensa y una economía tan dependiente de la misma. Es de esperar que la necesidad de este conocimiento se incremente en el futuro como consecuencia de la respuesta regional y local que presentarán nuestros sistemas costeros al proceso de cambio global. La potenciación del conocimiento de los procesos que ocurren en el mar nos permitirá afrontar con mayor capacidad de predicción la evolución futura de estos sistemas, como respuesta a los cambios antropogénicos, ya sean estos de escala global, regional o local.

3 Estructura y objetivos del subprograma

El objetivo global de este subprograma es estimular la transición desde aproximaciones sectoriales a las ciencias marinas hacia una visión más integrada, que responda a la necesidad de incorporar el océano a las nuevas ciencias emergentes de Ciencia del Sistema Tierra y Ciencia de la Sostenibilidad.

Este programa debe destilar, del alto nivel adquirido por nuestra comunidad de investigadores en ciencias marinas, los elementos esenciales para la gestión del medio marino, para la prevención y remediación de riesgos e impactos sobre el mismo, y para proporcionar a España las herramientas necesarias con las que defender sus intereses nacionales en las instancias internacionales donde la competencia científico-técnica en el medio marino sea necesaria.

Las prioridades temáticas identificadas y sus líneas correspondientes de actuación son las siguientes:

Uso sostenible de los ecosistemas marinos

Los ecosistemas marinos son especialmente vulnerables a la actividad humana. Si bien la mayoría de actividades económicas se realizan en la franja litoral y la plataforma continental, el desarrollo tecnológico permite la explotación de zonas cada vez más profundas, abarcando hasta el talud medio y previsiblemente el inferior, a medida que los recursos se van agotando. La fragilidad de los ecosistemas donde se concentran estas actividades económicas requiere que deban incorporarse elementos de gestión sostenible en su desarrollo futuro. Bajo este epígrafe se aúnan componentes de conocimiento que permiten diagnosticar, pronosticar y remediar elementos de no sostenibilidad en el uso que hace la sociedad española de su medio marino.

- a.- Análisis Integral de Ecosistemas Marinos: Redes Tróficas y Metabolismo de Ecosistemas Marinos.
- b.- Disfunciones en ecosistemas marinos: eutrofización y contaminación.
- c.- Variaciones de las redes tróficas marinas generados por cambios de la dinámica oceánica en conexión con ciclos climáticos. Modelado numérico y predicción de escenarios.
- d.- Cuellos de botella en los ciclos de vida de organismos explotados.
- e.- Las poblaciones explotadas en el contexto del ecosistema: cambios de régimen
- f.- Efectos directos e indirectos de la actividad extractiva sobre el ecosistema marino: Efectos sobre las redes tróficas.
- g.- Biología de las especies explotadas o susceptibles de explotación.
- h.- Modelos de evaluación de poblaciones marinas explotadas y gestión sostenible de los recursos: aspectos socioeconómicos.

Biodiversidad Marina

- a.- Patrones en la Biodiversidad Marina.
- b.- Estructura genética y dinámica de poblaciones y meta-poblaciones marinas.
- c.- Resistencia y resiliencia de las poblaciones marinas a la perturbación; estrategias de conservación de poblaciones marinas.
- d.- Criterios científicos para el diseño de áreas marinas protegidas.
- e.- Papel funcional de la biodiversidad marina.

Investigación de los riesgos relacionados con los recursos marinos

Las líneas de actuación de este epígrafe tienen como objetivo fomentar la investigación preventiva ante eventos marinos de origen natural o antropogénico y que conllevan elementos de peligro para la interacción del hombre con el mar. Se fomenta, además, que esta investigación cristalice en estructuras organizadas donde implementar los mecanismos necesarios para que la sociedad española pueda reaccionar ante un evento del medio marino que suponga un riesgo para su salud, economía o medio ambiente.

- a.- Predicción y observación operativa en tiempo real del océano, incorporando técnicas de asimilación de datos obtenidos mediante las distintas plataformas de observación oceánica (buques oceanográficos, fondeos y sistemas de observación autónomos) así como técnicas de anidamiento de modelos numéricos que cubran el mayor rango de escalas espacio-temporales presentes en el océano.

- b.- Centros de datos con interfaces de internet (World Wide Web) avanzadas para la consulta y disseminación de productos en tiempo real o quasi real. Además se potenciará el desarrollo de sistemas de gestión y fusión de datos (SIG) que permitan una visión integral de la información interdisciplinar obtenida mediante los distintos sensores oceanográficos.
- c.- Modelos numéricos con cobertura regional y con asimilación de datos físicos, químicos y biológicos, para la predicción y toma de decisiones en casos de emergencia.
- d.- Oleaje, eventos extremos y clima costero.
- e.- Diseño de mecanismos de coordinación en casos de emergencia, incluyendo la confección de protocolos de actuación.
- f.- Estudio de los factores desencadenantes de proliferaciones de organismos marinos tóxicos o nocivos, biología de especies nocivas e identificación y cuantificación de toxinas marinas.
- g.- Estudios ecotoxicológicos de evaluación de riesgo ambiental.
- h.- Comportamiento biogeoquímico de los contaminantes químicos, incluyendo su biodisponibilidad y acumulación a lo largo de la cadena trófica.
- i.- La valuación económica de servicios y riesgos asociados al medio marino, en el seno de equipos interdisciplinarios que analicen y simulen estos servicios y riesgos e implementen aproximaciones de valuación monetaria y percepción del público.

Investigación oceanográfica en el contexto del cambio global

Este epígrafe identifica líneas de actuación que consideran aspectos funcionales del papel que juega el océano en el proceso de cambio planetario. Tiene un enfoque bi-direccional pues, entre sus objetivos, se incluyen los necesarios, para fomentar la presencia española en este escenario que es de ámbito internacional y global. Además, se implementa un impulso investigador en la dirección inversa, promocionando la ciencia encaminada a conocer como ese cambio global que ya está en marcha va a impactar sobre el entorno marino que a nivel regional y local resulta de mas interés para la sociedad española.

- a.- Papel del océano en los ciclos elementales, con especial atención al carbono y nitrógeno así como a elementos limitantes de la producción primaria.
- b.- Cuantificación de los flujos de carbono y otros elementos clave entre la atmósfera y el océano relacionados con el cambio climático. Intercambio de gases y materiales entre sedimentos y columna de agua.
- c.- Procesos de intercambio de propiedades entre el océano costero y el mar abierto.
- d.- Ciclos biogeoquímicos y procesos oceanográficos y ecológicos que regulan los flujos, las concentraciones y tendencias de los aerosoles y gases relacionadas con el cambio climático.
- e.- Desarrollo de modelos numéricos del océano y del clima, especialmente aquellos modelos acoplados océano-atmósfera.
- f.- Observación de la variabilidad en la estructura hidrográfica y en la circulación general oceánica, y su interacción con el clima y su variabilidad.
- g.- Impacto del Cambio Global, incluyendo el Cambio Climático, sobre el Sistema Marino en particular sobre las poblaciones explotadas y su capacidad de recuperación. Impacto del calentamiento global, impacto del aumento del nivel del mar. Pronósticos a medio (décadas) y largo (siglo o superior) plazo. Modelos locales, regionales y globales. Estrategias de mitigación.

Procesos de la franja costera y el margen continental

La plataforma continental y sus zonas adyacentes están sometidas a procesos geológicos de enorme impacto potencial sobre la economía y las sociedades que viven en las cercanías de la costa. Desde problemas asociados a la importancia económica que tiene el recurso playa para el turismo de nuestro país, hasta los peligros sísmicos asociados a los márgenes continentales o la búsqueda de nuevos recursos energéticos, demandan una investigación muy específica cuyas líneas de actuación son las siguientes:

- a.- Características y estructura geológica de la corteza continental y oceánica.
- b.- Recursos minerales, gases hidratos y escapes de fluidos.
- c.- Inestabilidad de taludes.
- d.- Estudios sobre la influencia de la oceanografía, la climatología y la morfoestructura en los mecanismos de erosión, transporte y formación de los depósitos sedimentarios.
- e.- Prevención de peligros asociados a procesos geológicos marinos.

Desarrollo de tecnologías marinas nuevas y competitivas

No es concebible la investigación marina sin un fuerte componente tecnológico que en la actualidad es importado del exterior por la comunidad científica española. Este apartado pretende, en sentido contrario, potenciar la generación de herramientas tecnológicas que puedan ser exportadas. La efectiva materialización de nuevas PYMES a partir de este empuje debe ocurrir mediante la coordinación del esfuerzo que se realiza en este apartado con los elementos que se identifican en la sección tecnológica del componente horizontal del programa.

- a.- Tecnologías para la mejora de la calidad medioambiental de los ecosistemas marinos.
- b.- Tecnologías para facilitar la observación del mar mediante el desarrollo de robots, nuevos sensores y sistema de detección remota.
- c.- Tecnologías para facilitar las telecomunicaciones en tiempo real entre sensores oceanográficos permanentes en el mar y los centros de procesamiento.
- d.- Tecnologías de materiales que permitan la larga duración de instrumentos y sensores en el mar evitando problemas como la bio-deposición y corrosión.
- e.- Tecnologías de choque ante vertidos y contaminación marina.
- f.- Tecnologías de sonar y lidar para el reconocimiento de ecosistemas.
- g.- Tecnologías para disminuir el impacto de la pesca sobre el ecosistema: desarrollo de métodos de captura selectivos y con bajo impacto sobre el bentos.

4 Estrategia relativa a centros e instalaciones de tamaño medio y grande

Las actividades de I+D+I centrada en los recursos marinos requieren instalaciones de tamaño medio y grande como son, entre otros, los buques oceanográficos, una red de laboratorios o estaciones costeras experimentales. A continuación se realiza una descripción de la estrategia relativa a las instalaciones.

Centros de datos y observación del océano

Es vital que estos centros ofrezcan realmente una disponibilidad abierta y en línea a los datos almacenados y de reciente adquisición, estableciendo vínculos operativos con otras herramientas de observación como el Instituto Meteorológico Nacional y el Programa de Clima Marítimo de Puertos del Estado.

Red de estaciones de observación de largo término

Incluyendo un rango de condiciones que comprenda desde océano abierto hasta sistemas litorales de especial interés (e.g. áreas protegidas). Las estaciones incluidas en esta red, así como los resultados de monitorización, deben estar abiertas a toda la comunidad científica nacional.

Red de estaciones experimentales costeras

Nuestro país carece en la actualidad de estaciones costeras diseñadas para facilitar la experimentación in situ en el territorio nacional, ya que la única estación con estas características la Base Antártica Española Juan Carlos I. Se debe fomentar la implantación y estructuración en una red accesible a todos los investigadores españoles a través de convocatorias específicas.

Centros de desarrollo tecnológicos e instrumentales

En fase de creación a través de la Unidad de Tecnología Marina que da servicio a todos los investigadores del país y de la nueva unidad mixta IEO-CSIC en fase de desarrollo. Los objetivos de estas unidades debieran coordinarse con las necesidades de la comunidad científica española, así como PYMES y grandes empresas españolas, atendiendo particularmente a los objetivos de este subprograma.

Red de laboratorios analíticos avanzados e instalaciones singulares

Que agrupen centros que cuenten con grandes equipos o instalaciones singulares, abiertos mediante una normativa clara, estandarizada de acceso y costes a toda la comunidad científica nacional.

Flota de buques oceanográficos multidisciplinares

Coordinada por la Comisión de coordinación y seguimiento de las actividades de los buques oceanográficos que considere además la ampliación de la capacidad de la flota en base a las necesidades reales en tiempo de buque de los proyectos, la modernización y mantenimiento de la misma. Así mismo deberían establecerse coordinaciones con otros países para el uso racional de los recursos en el ámbito europeo.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE TECNOLOGÍAS PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE MEDIOAMBIENTAL

1 Ámbito del subprograma nacional

El objetivo de este subprograma es promover la investigación, el desarrollo y la innovación de forma que producir y consumir bienes y servicios conduzca a un menor impacto sobre el medio ambiente, se facilite el cumplimiento de los compromisos medioambientales internacionales suscritos por nuestro país en esta materia y se promueva la competitividad del sector empresarial.

Siguiendo los planteamientos actuales en materia de Medio Ambiente, la Comisión Europea define las Tecnologías Medioambientales como aquellas cuya utilización es menos perjudicial desde el punto de vista ecológico que las correspondientes tecnologías alternativas (COM (2002) 122 final, de 13 marzo 2002).

A partir de la definición aplicada por la Comisión Europea a las tecnologías medioambientales, los temas que, procedentes de las demandas ambientales, se consideran prioritarios en el próximo futuro en materia de tecnología de gestión sostenible medioambiental, se pueden agrupar, según el Informe de la

Comisión, "Desarrollo de un plan de actuación en materia de tecnología medioambiental" (COM(2003) 131 final), como:

- Técnicas y tecnologías asociadas a la producción y consumo sostenible.
- Tecnologías asociadas a la conservación y control de los recursos hídricos, cambio climático y protección del suelo.

Los dos aspectos están relacionados con las áreas prioritarias del Programa de Acción Medioambiental y han sido tenidas en cuenta en el 6º Programa Marco de I+D.

El Subprograma de Tecnologías para la gestión sostenible medioambiental abarca aspectos asociados a la creación de nuevo conocimiento que contribuya a los aspectos ambientales mencionados (Investigación), nuevas aplicaciones de interés en el tema a partir de conocimientos ya existentes (Desarrollo) y las adaptaciones y/o modificaciones tecnológicas o de gestión (Innovación) que conduzcan a mejoras ambientales en los ámbitos descritos. Todo ello se debe concretar en la realización de proyectos con los siguientes fines:

- Proyectos cuya justificación y meta principal sea la mejora medioambiental de procesos y productos.
- Proyectos que faciliten la adaptación más eficiente de los productos, servicios y procesos productivos a las normativas medioambientales vigentes, con fecha fija de entrada en vigor o en preparación.
- Proyectos que traten de contribuir a la realización de políticas medioambientales explícitas.
- Proyectos de tratamiento de emisiones líquidas, gaseosas y de residuos sólidos que se apoyen en energías renovables.

2 Justificación de la priorización del subprograma

El conocimiento científico de los impactos producidos por los métodos de producción y consumo convencionales y una mayor conciencia ciudadana sobre la necesidad de actuar para disminuir la degradación del medio ambiente, han incorporado nuevos requerimientos desde el punto de vista normativo y social a la actividad económica.

Un uso eficiente de los recursos naturales y la protección de los ecosistemas, junto con la prosperidad económica y un desarrollo social equilibrado, son condiciones imprescindibles para un desarrollo sostenible. Avanzar hacia situaciones más sostenibles exige atender al carácter de la sostenibilidad como proceso, lo que significa, entre otras cosas, integrar el medio ambiente en los procesos del desarrollo, "internalizar" los costes y beneficios ambientales en los procesos de producción y de prestación de servicios y desarrollar instrumentos para su medida y utilización.

El sistema productivo español ofrece algunos aspectos favorables respecto a la sostenibilidad del desarrollo que, no obstante, es preciso dinamizar. Entre estos aspectos se debe subrayar el importante esfuerzo que se viene desarrollando en el Sistema de CTE español. Este subprograma contribuye a materializar en acciones concretas de I+D+I las decisiones adoptadas en el marco del programa de Doha para el Desarrollo; la Conferencia internacional sobre la Financiación para el Desarrollo de Monterrey y la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo, que dio un nuevo impulso al objetivo del Desarrollo Sostenible.

Las políticas nacionales y comunitarias se han venido ocupando de los problemas medioambientales inmediatos, como la gestión de los residuos o la reducción de la contaminación del aire y del agua, cuya aplicación dependía mucho de las soluciones de final de proceso. Hoy en día, sin embargo, se trata de pasar del tratamiento de los desechos en general, a la prevención de la contaminación a través de tecnologías más limpias e integradas en la fase de fabricación; unas tecnologías que ya representan un

tercio de la inversión en tecnologías ambientales y que, sin duda, representarán un factor importante en el necesario proceso de disociación del crecimiento económico de las presiones medioambientales.

Este nuevo escenario requiere de respuestas eficientes que permitan la competitividad de las empresas al mismo tiempo que fomenten la racionalidad en el empleo de los recursos y la conservación del medio.

En este contexto, las tecnologías medioambientales, que resulten viables desde un punto de vista técnico y atractivas desde un punto de vista económico serán adoptadas por las empresas, las administraciones públicas y los particulares constituyendo el motor de esta actividad.

En la actualidad se dispone de los siguientes datos socioeconómicos: Las industrias medioambientales de la UE suministran productos y servicios por un valor de 183.000 MM euros/año, lo que supone alrededor de 500 euros/capita año. Los sectores de la gestión de la contaminación y del desarrollo de tecnologías más limpias suponen 127.000 MM euros y la gestión de los recursos (exceptuadas energías renovables) alcanza 56.000 MM de euros.

El gasto anual en gestión de la contaminación y tecnologías más limpias crece aproximadamente un 5% anual en la UE desde 1994. La participación del sector privado ha incrementado su importancia económica del 45% en 1994 al 59% en 1999. El empleo directo asciende en la UE a unos 2 millones de puestos de trabajo, habiendo crecido desde 1994 en más de 500.000 empleos.

Tabla 1. Gastos en inversión por ámbitos medioambientales

	<i>Inversión total</i>	<i>Porcentajes</i>
TOTAL	933.296	100
Inversión en equipos e instalaciones independientes	519.902	55,7
Emisiones al aire	177.537	19,0
Aguas residuales	178.670	19,1
Residuos	86.046	9,2
Suelos y aguas subterráneas	12.980	1,4
Ruidos y vibraciones	17.291	1,9
Naturaleza	25.209	2,7
Otros ámbitos	22.169	2,4
Inversión en equipos integrados	413.394	44,3
Instalaciones para reducir emisiones	139.148	14,8
Instalaciones para ahorro y reutilización del agua	57.947	6,2
Instalaciones para generar menos residuos	87.353	9,4
Instalaciones para el uso de materias primas no contaminantes	23.320	2,5
Instalaciones para reducir ruidos y vibraciones	12.708	1,4
Instalaciones para aplicar procesos de producción más caros y menos contaminantes	41.102	4,4
Otras instalaciones	51.816	5,6

Unidad: miles de euros

La inversión total de las empresas españolas en la protección medioambiental alcanza los 933,3 millones de euros en el año 2000, según recoge la *Encuesta sobre el gasto de las empresas en protección medioambiental* realizada por primera vez por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en el año

2002. El 33,8% del total invertido por las empresas españolas se destina a reducir las emisiones al aire, tanto mediante gasto en equipos e instalaciones independientes como en inversión en equipos integrados. Por ámbitos medioambientales cabe destacar que un 19,1% de la inversión de las empresas se destina al tratamiento de las aguas residuales y un 9,2% a la gestión de residuos.

A partir de los datos indicados, la relevancia de las tecnologías medioambientales se justifica por los siguientes criterios:

2.1 Criterios científicos

La producción y consumo sostenibles requiere una actividad en I+D+I sobre ideas basadas en la protección de los recursos, que favorezcan la calidad ambiental frente a la cantidad y permitan sustituir las formas de producción en masa de bienes desechables, avanzando hacia servicios de elevado valor añadido. Se necesita así mismo aumentar el conocimiento de los efectos ambientales de nuevas técnicas y tecnologías.

El campo de la tecnología ambiental debe conducir a soluciones que favorezcan el desarrollo del conocimiento del medio debido a las complejas interacciones de tecnosfera y biosfera, aportando avances al bienestar y al desarrollo de las sociedades. Estas interacciones por otra parte requieren la interrelación de diferentes ámbitos de la ciencia y el trabajo multidisciplinar.

2.2 Criterios tecnológicos

Posiblemente las tecnologías ambientales no suponen un grado de aplicación de nuevo conocimiento equiparable al de las biotecnologías o nuevos materiales.

En este contexto las tecnologías que minimicen el impacto ambiental de las actividades humanas, permitan la optimización y uso racional de las técnicas convencionales, conduzcan a adaptaciones de procesos dirigidas a un mejor aprovechamiento de las materias primas y/o a la reducción en la generación de corrientes contaminantes al exterior generando mejoras ambientales y las tecnologías para el aprovechamiento eficiente de éstas, deberán ocupar un espacio fundamental en las prioridades de este Subprograma. A nivel del Subprograma nacional resulta recomendable el apoyo a las tecnologías ambientales emergentes e innovadoras para su adaptación a la situación española.

Una visión eco-eficiente, promueve la renovación y ampliación de la gama de productos y servicios y de los mercados asociados; el establecimiento de nuevos métodos de producción, suministro y distribución; la introducción de cambios en la gestión, la organización del trabajo y las condiciones laborales y la preparación de los trabajadores, en definitiva de la innovación.

2.3 Criterios sectoriales

La inversión en I+D+I en nuevos productos y procesos productivos puede ser el instrumento más eficiente, y en determinados casos, el único, de que dispone la empresa para superar problemas de competitividad derivados del incremento de costes productivos asociados a la aplicación de un marco legal dinámico, que regula su funcionamiento, en base a exigencias medioambientales crecientes. Todo ello afrontando, además, los rendimientos decrecientes de las tecnologías tradicionales de depuración de efluentes al final de línea. Las empresas productivas y de servicios y los organismos de investigación (Universidades, OPIs) deben tener cabida en el Subprograma, incentivando la interrelación entre los sectores centrados en la creación de nuevo conocimiento con los usuarios finales del mismo.

Las tecnologías ambientales también son relevantes para la política industrial de la UE dado que el núcleo de las eco-industrias de la UE proporciona alrededor de 2 millones de empleos en una definición estricta del término, ó 3,5 millones de empleos en una definición más amplia que incluye las tecnologías limpias, energías renovables, reciclado de residuos, protección de la naturaleza y del paisaje y reno-

lación ecológica de áreas urbanas, (como se recoge en "La política industrial de la Europa ampliada" COM (2002) 714 final).

Es posible evaluar la importancia sectorial de este Subprograma, valiéndose de la definición estándar que de las ecoindustrias proporcionan la OCDE y Eurostat, según la cual son todas las actividades que producen bienes y servicios para medir, evitar, limitar, reducir al mínimo o corregir los daños ambientales causados al agua, al aire y al suelo, así como los problemas relacionados con los residuos, el ruido y los ecosistemas.

2.4 Criterios de interés público

Todos los indicadores reflejan el carácter prioritario de la calidad ambiental desde un punto de vista social. Uno de los aspectos críticos actualmente es la integración económica o puesta en valor de las tecnologías ambientales. Esta idea promoverá la priorización de los temas en todos los compartimentos ambientales, así como plantearse estructuralmente la relación existente entre desarrollo tecnológico ambiental y medidas económicas necesarias, uno de cuyos criterios puede ser el análisis coste-beneficio. En cualquier caso, la tecnología ambiental contribuye decisivamente en la UE a la creación de empleo, creación de riqueza y avance de la economía del conocimiento, como ha sido reconocido en la reciente Cumbre Mundial de Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible de Johannesburgo (2002).

3 Estructura y objetivos del subprograma

El Subprograma nacional, dirigido hacia la Investigación, Desarrollo e Innovación en Tecnologías para la gestión sostenible medioambiental, forma un conjunto homogéneo y un sector bien definido dentro del Programa Nacional de Ciencias y Tecnologías Medioambientales. De acuerdo a los ámbitos de actuación prioritarios desarrollados anteriormente, este Subprograma nacional se estructura en las siguientes prioridades temáticas:

3.1 Tecnologías asociadas a la Producción, Consumo y Gestión Sostenible

El objeto de esta línea de trabajo es promover la investigación, el desarrollo y la innovación para el incremento de la eficiencia en el empleo de recursos naturales en procesos y productos, considerando los procedimientos para tener en cuenta las herramientas de mercado que favorezcan estos procesos y/o productos.

En el campo de los productos, se incluirá la I+D+I en nuevos productos cuya necesidad viene originada por las demandas ambientales, así como la modificación de productos existentes ambientalmente cuestionados.

Este apartado se centrará en técnicas que permitan la eliminación de corrientes contaminantes al exterior a través del aprovechamiento completo in situ de materiales y sustancias que convencionalmente son tratadas o gestionadas como residuo, vertido o emisión, se incentivarán proyectos de I+D+I que, por motivos medioambientales, modifiquen significativamente procesos productivos existentes o desarrollen nuevos procesos, orientados hacia la meta de producción limpia.

Se considerará especialmente la estrategia integrada de Prevención de la Contaminación, en muchos casos relacionada con la aplicación de la IPPC a los diferentes sectores industriales. En este apartado se pretenderá contribuir a los productos, procesos y técnicas de alta eficiencia en el empleo de los recursos naturales.

Así mismo es crítico *el desarrollo de mejores técnicas* de acuerdo a los criterios de la Ley 16/2002, "Prevención y Control Integrado de la Contaminación", y de los documentos de Mejores Técnicas Disponibles elaborados por el IPTS (Sevilla) donde se sugieren "Future research and development

projects” and “Emerging Techniques” como líneas de I+D+I relacionadas con el objetivo de la prevención y control integrados de la contaminación.

La **promoción de técnicas de gestión** más eficaces y de menor coste que reduzcan la transferencia de contaminantes entre medios y contribuyan al aprovechamiento de materiales actualmente residuales como materiales secundarios o dentro de los mercados de subproductos, tendrán como objetivo el aprovechamiento, reutilización y valoración de residuos, vertidos y emisiones como materiales útiles.

El **desarrollo de Análisis de Ciclo de Vida**, los estándares de fabricación, que incluyan la incorporación de materiales secundarios y la incorporación a las especificaciones técnicas de productos de materiales secundarios procedentes de la recuperación de materiales de residuos (Plásticos y Neumáticos, Materiales de Construcción, Componentes de Automoción, entre otros) contribuirán al desarrollo sostenible.

Dentro de los elementos importantes para una gestión ambiental sostenible los proyectos dirigidos a las técnicas, equipos y procedimientos para la evaluación de variables ambientales, atendiendo especialmente a los aspectos de normalización, homologación, armonización y contraste resultan de importancia crucial en el desarrollo sostenible. Así mismo el manejo y gestión de datos ambientales para diferentes usos, constituye un objetivo de gran interés actual.

Cabe incluir bajo el criterio de innovación, la adaptación e incorporación al proceso productivo de las mejores tecnologías disponibles, siempre que el usuario pueda demostrar que su participación en los trabajos de adaptación de la tecnología es significativa y, por tanto, su papel supera el de comprador de un proceso existente, a un suministrador externo, para transformarse en un colaborador tecnológico, necesario para la innovación.

En el ámbito de la I+D+I de **bienes de equipo**, se contemplan: equipos innovadores destinados a la descontaminación de efluentes, equipos productivos diseñados con la finalidad principal de prevenir o minimizar el impacto ambiental de la actividad que llevan a cabo y equipos que faciliten el aprovechamiento de residuos, ahorro significativo de materias primas o recuperación de energías residuales.

Desarrollo de técnicas de evaluación de los efectos sobre el medio ambiente de los productos que se ponen en el mercado, especialmente de los productos químicos.

Asimismo, la mejora en los **métodos de detección** y de análisis de compuestos contaminantes regulados. Identificación de bio-marcadores de contaminación, desarrollo y mejora de metodologías combinadas (analíticas, bio-analíticas e inmunológicas) para detección y cuantificación de contaminantes.

La estrategia abordada en épocas anteriores del control de la contaminación una vez generada ha conducido a que numerosos procesos de transferencia de contaminación conduzcan actualmente al problema prioritario de los residuos. En este contexto las tecnologías y sistemas de gestión para el tratamiento y valorización (reciclado y conversión energética) de **residuos**, incluidos los peligrosos, los residuos provenientes de vehículos, los residuos de materiales eléctricos y electrónicos, etc constituyen los ejes de las líneas prioritarias de actuación.

Asimismo lo constituyen el desarrollo de técnicas de bajo coste o de alta eficiencia para la **descontaminación de suelos**, derivados de actividades de la minería, especialmente en áreas en declive, o bien, derivados de actividades industriales en zonas habitadas o de alto valor ambiental, así como el desarrollo y adaptación innovadora de técnicas de tratamiento o reutilización de residuos, vertidos o emisiones. Son ejemplos relevantes los siguientes: residuos sanitarios y fitosanitarios, envases de productos químicos, vehículos al final de su vida útil, aparatos eléctricos y electrónicos, material de demolición y obra, desarrollo de técnicas y tecnologías que permitan la utilización efectiva de las energías renovables para el tratamiento de emisiones y residuos, entre otros.

Son de especial interés los aspectos *tecnológicos ligados a la gestión sostenible de los recursos hídricos*, como las mejoras de los sistemas de contadores de agua y detección de fugas, distribución y canalización de agua descentralizada considerando la migración de contaminantes.

Asimismo se contemplan las tecnologías para el reciclado/reutilización de agua de lluvia, residuales urbanas e industriales, así como la teledetección en predicción y prevención de inundaciones y reparación de daños.

Cabe incluir el apoyo al cumplimiento de las obligaciones derivadas de las nuevas regulaciones como la Directiva Marco del Agua que hace necesario el estudio y desarrollo de metodologías para diferenciar los componentes que se deben a causas naturales y las que son introducidas por procesos de contaminación.

También se identifica todo lo relativo a tecnología de membranas, oxidación avanzada, tecnologías avanzadas de separación y reciclado, procedimientos avanzados de eliminación de nutrientes y tecnologías para lodos residuales y lixiviados. Desarrollo de nuevas técnicas para el tratamiento de potabilización del agua, así como las tecnologías avanzadas de desalación de agua con especial consideración sobre aquellas que permitan un acoplamiento efectivo, tanto técnico como económico, con sistemas basados en energías renovables.

Por último se considera que, en este ámbito, han de jugar un papel fundamental las *tecnologías de la Sociedad de la Información*, que mejoren la integración, normalización, seguimiento y gestión de datos ambientales, así como la evaluación de los riesgos producidos por procesos y productos. Así como de la *investigación socioeconómica* para el análisis de políticas y generación de instrumentos para la internalización de costes ambientales, fijación de precios y sistemas de contabilidad.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

Se considera deseable identificar los **Centros de I+D de excelencia**, favoreciendo la creación de redes de excelencia basadas en la complementariedad de centros y grupos de investigación optimizando los recursos y esfuerzos de cada uno de ellos.

Se debe potenciar que instalaciones industriales con tecnologías innovadoras a nivel nacional se consideren **plantas de referencia** para la adaptación de dichas tecnologías. La estrategia relativa a centros e instalaciones se puede aplicar a las empresas que dispongan de instalaciones con suficiente tamaño crítico para ser eficientes.

Deberían tener especial consideración aquellos **proyectos que se desarrollen en instalaciones de tamaño medio o grande** (plantas piloto y/o demostración) para facilitar la implantación de las tecnologías y/o procesos y que reduzcan el problema de escalado hasta niveles industriales.

5. Actuaciones horizontales en el programa nacional

5.1 Recursos Humanos

La estrategia de formación de doctores en España ha sido reconocida por muchos investigadores extranjeros. Directrices claras en la línea de que abrirse un camino profesional dentro de los OPIs implica recibir una formación relevante a nivel internacional, la potenciación de las salidas al extranjero en fases vitales en las que los compromisos personales lo permiten y el mensaje de que es la productividad

científica y no los contactos personales los que deben decidir el futuro profesional de un joven investigador, han supuesto un importante impulso de la ciencia española de la mano de donde ésta es más creativa, de los jóvenes.

El sistema de generación de recursos humanos tiene, no obstante, componentes preocupantes en la actualidad ya que muchas de las mejores mentes de nuestra sociedad deciden no seguir el camino de investigar e innovar. Aunque la situación es común a otros países, los elementos son llamativos en el caso español pues, para que nuestra sociedad pueda incorporar en el sistema de innovación a sus mentes más lucidas, se les exige a los jóvenes atravesar inestabilidades laborales antes de llegar a una meta final de remuneración menor que la homóloga de otros países europeos. Muchos de nuestras mejores mentes jóvenes están, fruto de su propia inteligencia, escapando de nuestro sistema científico.

La salida de esta situación es ofrecer una meta digna al final del camino y opciones alternativas a aquellos que una vez conocidas las dificultades del mismo prefieren tener un oficio más 'normal'. Esta otra vía muy deseable es que estos profesionales se incorporen a las PYMES del sector. Esta situación es muy común en otros países pero casi inexistente en España por la dificultad en la creación de PYMES en el entorno marino.

Por otra parte, la fragmentación de los grupos de investigación, su consideración mutua como competidores, y el escaso desarrollo de proyectos integradores de investigación que movilicen y articulen grandes consorcios de investigación implicando un número importante de grupos y organismos de investigación limitan seriamente la capacidad de nuestra comunidad científica para atender a grandes retos que afecten a los sistemas marinos. El desarrollo de una nueva cultura de interacción y cooperación entre grupos de investigación en ciencias marinas en nuestro país es, pues, fundamental para avanzar de forma decisiva en la capacidad de nuestra comunidad científica a atender a las crecientes necesidades de nuestra sociedad en el ámbito del océano. La fragmentación de la comunidad científica en ciencias marinas se traduce en una carencia de infraestructuras y servicios necesarios para aglutinar esta comunidad, tales como (i) la ausencia de un centro de datos oceanográficos que asegure el mantenimiento y accesibilidad en tiempo real a los datos disponibles, (ii) la ausencia de grandes instalaciones de investigación marina (p.ej.: estaciones de investigación costera, instalaciones para la investigación con mesocosmos, entre otros) o programas para el acceso de investigadores de terceros organismos a las escasas instalaciones existentes; (iii) las dificultades para la incorporación de técnicos y tecnólogos a los equipos de investigación y el escaso esfuerzo en el desarrollo de nuevas tecnologías para la observación del océano, incluyendo sensores remotos, vehículos autónomos, etc.

En las acciones horizontales de formación de recursos humanos hay que incorporar el desarrollo de capacidades para el incremento de la eficiencia en el uso de los recursos en procesos industriales y servicios.

5.2 Apoyo a la Competitividad Empresarial

La investigación marina tiene un componente dicotómico en su vertiente empresarial. Por un lado proporciona asesoramiento científico técnico a empresas que explotan los recursos marinos (petroleras, industrias pesqueras,...). A su vez, la investigación marina actúa como demandante de tecnología al mundo empresarial. Esta demanda es habitualmente cubierta por pequeñas PYMES que desarrollan la instrumentación que el mercado de la ciencia y tecnología marina le demanda. En los países en que la investigación marina es madura, esta imbricación ciencia-PYMES es muy estrecha pues en muchos casos las PYMES son puestas en funcionamiento por antiguos investigadores y tecnólogos.

Esta situación es la deseable para la investigación marina en España y se deben poner todos los esfuerzos posibles para facilitar el tránsito desde lo público a lo privado cuando una idea que surge desde el mundo científico pueda transformarse en un producto empresarial que genere riqueza en su entorno. En la actualidad numerosos OPIS intentan potenciar ese tránsito que en la investigación mari-

na no ha resultado lo suficientemente efectivo. El diagnóstico de esta insuficiencia parte de la complejidad de la investigación marina que sólo adquiere tintes de madurez en profesionales que han dedicado años al estudio de este medio. No es realista esperar la generación de nuevas empresas relacionadas con el ámbito marino si este esfuerzo se hace recaer sobre alumnos con escasa experiencia. Las probabilidades de éxito en este caso son prácticamente nulas. Este éxito es más probable en manos de un profesional maduro que conoce su sector y los riesgos asociados a la iniciativa que pueda tomar. Permeabilidad y progresividad son las características claves del éxito de cualquier iniciativa encaminada a potenciar la presencia empresarial de España en el ámbito de las ciencias marinas.

Otro aspecto a considerar es la necesidad de disponer de apoyo especializado para la gestión de las funciones de transferencia de tecnología. Concretamente, se proponen cuatro programas horizontales para las ciencias marinas:

- 1.- Procesos oceanográficos relacionados con el cambio global y con los recursos vivos en el mar
- 2.- La franja litoral y su interacción con el ser humano
- 3.- Oceanografía operacional
- 4.- Riesgos geológicos de los márgenes continentales
- 5.- Tecnologías marinas; su desarrollo y aplicación a la resolución de problemáticas concretas nuevas del medio ambiente marino y que favorezcan la creación de grupos de trabajo mixtos entre los centros públicos de investigación y las empresas. Entre otros aspectos y a modo de ejemplo pueden indicarse: tecnologías asociadas a vertidos, interacciones con estructuras, cableado marino, sistemas de reconocimiento, sonar, lidar, AUV's, etc.)

La fuerza impulsora principal de la inversión y el gasto medioambiental en el sector privado es, en este momento la adaptación a las normativas europeas relativas a la mejora ambiental de las actividades industriales.

Así mismo es recomendable incentivar la transferencia de tecnología con la participación de empresas de ingeniería y consultoría asociadas al diseño, optimización y calidad ambiental, que puedan traducir en presupuestos realistas las opciones desarrolladas.

Los fabricantes de bienes de equipo medioambiental para el control de la contaminación son un sector prioritario de la I+D+I que puede integrarse en la misma a través de la participación en este subprograma.

Los explotadores de instalaciones de gestión y control de la contaminación deben ser sensibles a la innovación en sus planes de gestión a través de las actuaciones del presente subprograma.

5.3 Cooperación Internacional

La "European Science Foundation" ha identificado la investigación en Ciencias Marinas como una de las áreas temáticas más propicias para el establecimiento del Espacio Europeo de Investigación. Sin embargo, el importante cambio estructural que conlleva el 6º Programa Marco de I+D afecta a la comunidad investigadora en ciencias marinas. El mayor peso del Océano como escenario para la actividad económica en nuestro país, en relación al conjunto de la Unión Europea, y la importancia del océano para la calidad de vida y cultura de nuestra sociedad, demandan un esfuerzo complementario en el marco del Plan Nacional.

El tamaño que deben tomar los consorcios en el 6º Programa Marco conlleva la necesidad de apoyo si España quiere tomar un papel de liderazgo. Es imperativa una activa representación en los distintos foros decisorios y capacidad de negociación, así como coordinación entre los representantes y actuaciones.

Los programas horizontales deben actuar como un refuerzo a los proyectos convencionales para apoyar a aquellos grupos que deciden estructurarse como plataformas con las que hacer visible y defender los intereses de la ciencia y la sociedad española en organismos internacionales. Concretamente se debe potenciar la participación futura en los programas GLOBEC, LOICZ, OCEANS y GOOS, así como en las redes de excelencia que surjan del sexto programa marco en relación con el medio marino.

Este apoyo mencionado debe ir más allá de la mera financiación de viajes y reuniones para establecer redes de contacto. En un alto porcentaje, las redes de contactos de colectivos de investigadores con intereses comunes están ya materializadas, en programas temáticos horizontales que son las herramientas que pueden proporcionar la financiación adicional para establecer la conexión entre las redes españolas y las redes de excelencia que promueve el sexto programa marco europeo.

Dado que se espera de las redes que incluyan a los principales actores de la investigación española en ciencias marinas, este proceso de inclusión en las redes de excelencia, podría ser realizado por revisores internacionales de prestigio a los que hacer llegar los informes emitidos por los responsables de las redes o bien mediante la formación de comités de selección.

5.4 Fomento de la Cultura de la Ciencia y la Tecnología

A pesar de su gran trascendencia para la sociedad española, las ciencias marinas no tienen una transmisión fácil hacia un público que, sin embargo, es muy sensible con todo aquello que tiene que ver con el mar.

El origen de esta dificultad está enraizado en dos elementos fundamentales de la investigación marina. Por un lado, y con la excepción de los fondos marinos, la información que genera esta rama de la ciencia adolece del componente visual de transmisión directa con el que, por ejemplo, el medio terrestre puede impactar a la audiencia. Por otro lado, las ciencias marinas tienen un importante componente de abstracción que también dificulta su transmisión pública.

El colectivo de investigadores en ciencias marinas es consciente de la necesidad de potenciar más su imagen en el conjunto de la sociedad española. No obstante, la transmisión del conocimiento adquirido sobre ciencias y tecnologías marinas a la sociedad, parece recomendable que fuera apoyada con la labor de profesionales de la difusión que utilizaran las herramientas adecuadas de comunicación: medios radiofónicos y televisivos además de incorporarse a la red de acuarios o museos de ciencias que existen en nuestro país.

6 Relación del programa nacional con otros programas

- 1.- Con el programa de Biodiversidad, Ciencias de la Tierra y Cambio Global (con el subprograma de cambio global y atmósfera, por cuestiones de oscilaciones climáticas y cambio global).
- 2.- Con el programa de Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas (en relación con I+D+I en economía, por la importancia de las pesquerías y la franja litoral, también por la importancia de las PYMES en la investigación marina).
- 3.- Con el programa de Diseño y Producción Industrial (por la tecnología involucrada y por el etiquetado ambiental de productos).
- 4.- Con la Acción Estratégica de tecnologías turísticas por la importancia de los aspectos medio ambientales de la franja litoral y la necesidad de estudios integrados e interdisciplinarios.
- 5.- Con los Programas de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias y con el de Biología Fundamental. Conviene destacar que la acuicultura es una relevante actividad, cuya actividad de

I+D+I está incluida en el programa de recursos y tecnologías agroalimentarias y que, dada la demanda de proteína de calidad y el decrecimiento de los recursos pesqueros, previsiblemente alcanzará cada vez un mayor desarrollo. La acuicultura conlleva un creciente impacto sobre el medio marino tanto por el uso de espacio, la contaminación generada, la posible difusión de patologías y de genes a las poblaciones naturales, la potenciación de la explotación de ciertas especies para uso en alimentación, entre otros. El conocimiento de los ciclos biológicos de las especies susceptibles de ser criadas también es relevante para ambos programas. Por tanto, las relaciones entre los programas deben contemplar estas interacciones. Por último, señalar la relación con el control ambiental en el sector agroalimentario.

- 6.- Con el Programa de Biotecnología, en todo lo relativo a la I+D+I en procesos biotecnológicos de control de la contaminación.
- 7.- Con el Programa de Energía, en aspectos de Renovables. Eficiencia. Combustión limpia. Hidrógeno.
- 8.- Con el Programa de Ciencias y Tecnologías Químicas, en lo relativo a diseño integrado de procesos.
- 9.- Con el Programa de Materiales. Reciclado y reutilización de materiales. Pilas de combustible
- 10.- Con el Programa de Tecnologías de la Sociedad de la Información. Sensores. Sistemas de tiempo real.
- 11.- Con el Programa de Transporte. Automoción.
- 12.- Con el Programa de Construcción. Materiales de construcción. Edificación limpia (sostenible). Medio Ambiente interior.
- 13.- Con los Programas de Humanidades y de Ciencias sociales, Económicas y Jurídicas, en los relativo a crecimiento y calidad de vida.

Programa Nacional de Biodiversidad, ciencias de la Tierra y cambio global

Introducción

El Programa Nacional de Biodiversidad, Ciencias de la Tierra y Cambio Global se ha organizado en cuatro Subprogramas Nacionales: Biodiversidad; Atmósfera y Cambio Global; Ciencias de la Tierra; e Investigación Polar.

La separación en estos cuatro subprogramas nacionales se explica exclusivamente por la amplitud de los problemas a tratar en el extenso campo que define este Programa Nacional. No obstante, todos ellos muestran numerosas interfases entre sí y, por tanto, un amplio espectro de interrelación.

El *Subprograma Nacional de Biodiversidad* se estructura sobre la base de la profundización en el conocimiento de la biodiversidad, favoreciendo los estudios taxonómicos y de los procesos evolutivos que la propician, así como de las interacciones de los individuos entre sí y entre éstos y el medio.

El *Subprograma Nacional de Atmósfera y Cambio Global* se estructura en base al conocimiento del medio en lo que se refiere al comportamiento de la atmósfera y del sistema climático.

El *Subprograma Nacional de Ciencias de la Tierra* se estructura sobre las investigaciones dirigidas al conocimiento de los fenómenos físicos, químicos y biológicos que afectan, y afectaron, al Planeta, en tanto que registrados en cuerpos rocosos y sedimentos, así como los fenómenos detectables en el medio marino en la actualidad.

El *Subprograma Nacional de Investigación Polar* tiene determinadas propiedades que le singularizan: se caracteriza por la geografía donde se desarrolla, se realiza en condiciones extremas y abarca la práctica totalidad de las materias científicas bajo una legislación propia (Tratado Antártico, Protocolo de Madrid).

El ámbito geográfico de las investigaciones encaminadas a cubrir las diferentes prioridades temáticas de este Programa se circunscribe al territorio nacional y zonas de influencia, así como a otras regiones de especial interés en relación con las actividades propias de los diferentes ámbitos de investigación considerados.

La investigación en regiones polares incluye, asimismo, aquellos aspectos que puedan estudiarse a partir de datos y observaciones obtenidos en los tránsitos del buque Hespérides, u otros buques, hacia y desde dichas regiones.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD

1 **Ámbito del subprograma**

El Subprograma Nacional de Biodiversidad incluye la investigación encaminada a entender los procesos evolutivos que han generado la enorme riqueza en biodiversidad a nivel genético, poblacional y de especies, las relaciones de parentesco entre dichas especies y el funcionamiento de los ecosistemas. El crecimiento demográfico de nuestra especie y el uso que ello conlleva de los recursos naturales ha conducido a la degradación del medioambiente y a la pérdida creciente de especies, lo que demanda estudios encaminados a determinar las causas de dicho deterioro, y la búsqueda de soluciones innovadoras a la pérdida alarmante de riqueza biológica.

El subprograma apoya enfoques multidisciplinares que permiten nuevas aproximaciones a las cuestiones bajo estudio, de forma que se potencie la investigación competitiva a nivel internacional. En este sentido, conviene resaltar la importancia que ha adquirido en los últimos años la interacción con otras disciplinas, como la biología molecular y celular, la inmunología, la biología reproductiva, la toxicología y la biotecnología. El Subprograma promueve, asimismo, el desarrollo y utilización de nuevas tecnologías que permitan enfoques novedosos para recuperar hábitats degradados o especies en peligro de extinción, y que promuevan el desarrollo sostenible.

Los objetivos de este subprograma están dirigidos a garantizar un desarrollo compatible con la conservación del medio ambiente y a que las tecnologías medioambientales no sólo contribuyan a la mejora de la calidad del medio, sino que favorezcan también el crecimiento económico y social. De un mejor conocimiento de la biodiversidad depende, por ejemplo, la obtención de nuevos medicamentos, de nuevos alimentos, y de nuevos materiales. Igualmente un mejor conocimiento de las especies de interés económico permitirá compatibilizar su explotación con la conservación. Además, los espacios naturales constituyen un patrimonio de todos que ha atraído recientemente un enorme interés del sector turístico ("eco-turismo") lo que les ha permitido convertirse, simultáneamente, en focos de educación medioambiental. Por todo ello, la investigación sobre biodiversidad, además de su importancia como generador de conocimiento sobre el mundo natural, es vital para desarrollar estrategias y políticas de gestión eficientes, y favorecer el desarrollo social y económico.

El ámbito geográfico en donde deben desarrollarse las investigaciones encaminadas a cubrir las diferentes prioridades temáticas de este subprograma se refiere principal pero no exclusivamente al territorio nacional y zonas de influencia, incluyendo otras regiones de especial interés en relación con las actividades propias de los diferentes ámbitos de investigación considerados. En este sentido, se consideran zonas de especial interés los trópicos por su riqueza en biodiversidad.

2 **Justificación de la priorización del subprograma**

La importancia de los estudios sobre biodiversidad radica en la enorme riqueza biológica de nuestro país, muy superior a la de otros países europeos, siendo considerada una de las zonas del Planeta privilegiadas en este contexto. Sin embargo, dicha riqueza biológica se encuentra bajo un grado de amenaza considerable, por lo que se considera prioritario esclarecer las causas de dicho deterioro y desarrollar estrategias que frenen la pérdida de biodiversidad y permitan la recuperación o restauración de zonas o especies afectadas. Sólo a través de un mejor conocimiento de la biodiversidad y del funcionamiento de los ecosistemas será posible desarrollar una correcta gestión de los recursos naturales y su uso sostenible.

Los recursos naturales generan bienes y servicios de muy variada índole, que incluyen aspectos tales como nuevos medicamentos, productos alimenticios y nuevos materiales, además de la creciente

importancia de las áreas naturales como focos de atracción turística y de formación medioambiental. Por todo ello, un mejor conocimiento de los recursos naturales, del efecto que la creciente actividad humana tiene sobre ellos, y la búsqueda de fórmulas de protección y restauración más eficientes, tendrían enormes repercusiones en muchos ámbitos, tanto económicos como sociales.

El estudio de los procesos evolutivos pone de manifiesto las causas últimas de la diversidad actual, y permite determinar las causas de deterioro en las poblaciones naturales o identificar las especies con mayor probabilidad de verse afectadas como consecuencia de la actividad humana y los cambios ambientales. La aplicación práctica es inmediata en campos como la medicina, las ciencias agro-forestales o la conservación del medio ambiente, ya que los argumentos evolutivos son importantes a la hora de determinar prioridades en los esfuerzos de conservación.

De igual forma, el conocimiento de las interacciones entre los individuos, y entre éstos y el medio, constituye una perspectiva insoslayable para comprender el funcionamiento de los ecosistemas a diferentes niveles de organización y escalas, temporales y espaciales, lo que no sólo es por sí mismo un objetivo fundamental sino que repercute, también, en las actividades encaminadas para su gestión y conservación.

Los cambios ambientales inducidos por el hombre afectan a la supervivencia y evolución de los seres vivos y al funcionamiento de los ecosistemas, alterando los servicios que prestan. Al generar nuevas problemáticas que influyen significativamente sobre los recursos naturales, el estudio de los cambios antropogénicos es importante tanto desde el punto de vista estrictamente científico como por su utilidad para la gestión y conservación de nuestros recursos. Es, por otra parte, necesario para el desarrollo de los compromisos suscritos por España en lo que concierne a los convenios internacionales sobre cambio climático, biodiversidad y lucha contra la desertificación.

El mantenimiento de la biodiversidad es un objetivo que debe hacerse compatible con el desarrollo económico asociado a los usos del territorio. Para ello, se requieren metodologías que aborden explícitamente los factores en conflicto, con proyectos multidisciplinarios cuyos resultados puedan incorporarse a la planificación, diseño y gestión de los recursos naturales, así como a la gestión de redes de espacios protegidos en los términos recogidos en la Directiva Hábitats 92/43 de la UE.

Mantener la estabilidad de los recursos y el crecimiento económico en un planeta cambiante supone un enorme reto de interés político, científico y tecnológico que, oportunamente tratado, debe mantener los servicios que proporcionan los sistemas naturales y generar nuevos recursos para el desarrollo. Eso implica el reconocimiento, por parte de la sociedad, de los bienes y servicios que prestan los ecosistemas naturales.

2.1 Criterios científicos

Nuestro sistema científico presenta una larga tradición en cuanto a grupos de investigación de calidad en el campo de la Biodiversidad, que en las últimas décadas se ha visto notablemente potenciado. La existencia de los Programas nacionales de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Promoción General del Conocimiento, incluidos en los Planes Nacionales de I+D+I anteriores, promovió la creación de grupos de investigación con una participación muy activa no sólo en los programas nacionales sino también en los distintos Programas Marco de la Unión Europea.

En este sentido, hay que resaltar las aportaciones científicas de grupos españoles que aparecen recogidas en el último Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC), así como en los de programas europeos y consorcios internacionales (MAB, ENVIRONMENT, LIFE, ENVISAT y ERS). Además, ha sido muy notable el incremento de las publicaciones españolas en este ámbito, cada vez más frecuentes en revistas de impacto.

En lo que respecta al VI Programa Marco de I+D de la Unión Europea, existe una estrecha relación, no sólo en cuanto al enfoque sino también en los objetivos. Particularmente con el área temática sobre

Cambio Global y Ecosistemas, donde se establece una amplia relación de líneas prioritarias que de una forma u otra tienen reflejo en el presente Subprograma.

Además, la mayoría de los objetivos científicos aquí propuestos son también prioritarios en el VI Programa de Acción Medioambiental de la Unión Europea, y están en consonancia con programas más específicos, como el Programa Mundial de Investigación sobre el Clima, el Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP) y el Programa Europeo sobre el Cambio Climático, el *"International Programme on Biodiversity Science"*, DIVERSITAS, el *"UNEP Biodiversity Programme"* y el *"UN Biodiversity Planning Support Programme"*, y recoge las recomendaciones de la *"European Platform for Biodiversity Research Strategy"* (EPBRS).

2.2 Criterios tecnológicos

La política medioambiental constituye uno de los logros de la UE y uno de sus objetivos prioritarios. En este sentido, el desarrollo de tecnologías para el seguimiento de la atmósfera y el clima y el desarrollo de métodos para cuantificar el cambio climático y sus efectos sobre la biodiversidad conducirán a un mejor mantenimiento del medio ambiente y el cumplimiento de los compromisos internacionales adquiridos. Por otra parte, la integración de la ingente cantidad de información disponible sobre biodiversidad supone en la actualidad un reto tecnológico tanto analítico como de manejo de la información con alta capacidad de transferencia.

Es destacable que, como resultado de los Planes Nacionales anteriores, se ha incrementado la interconexión entre el mundo científico y el tecnológico. Prueba de ello son las colaboraciones entre grupos científicos, empresas nacionales y organismos públicos en numerosos campos. Sirven de ejemplo los convenios de colaboración existentes en los temas de contaminación ambiental, seguros agrarios, incendios forestales, energías renovables, recursos hídricos y restauración ecológica, entre otros.

La biotecnología está asumiendo un papel cada vez más importante por sus aplicaciones a la conservación y restauración de ecosistemas y de especies, así como en la mejora del rendimiento de la producción animal en especies silvestres de interés económico.

2.3 Criterios sectoriales

Los intereses económicos de España en actividades relacionadas con el medio ambiente y el cambio climático son muy importantes. Un porcentaje significativo del PIB y de los empleos depende directa o indirectamente de dichas actividades. Así, por ejemplo, los riesgos meteorológicos, el aumento de contaminación, los impactos del cambio climático y de usos del suelo tienen importantes consecuencias socioeconómicas en la gestión y uso de los recursos energéticos, hídricos, agrícolas, costeros y naturales de nuestro país.

Las crecientes exigencias de protección del medio ambiente suponen, al mismo tiempo, limitaciones y oportunidades para el desarrollo tecnológico español. Las limitaciones vienen dadas por la necesidad de cumplir una serie de controles cada vez más estrictos, lo que supone un incremento en los costes de producción y control. Sin embargo, estos condicionantes representan, también, grandes oportunidades en materia de I+D+I con el desarrollo de nuevos procesos y productos más respetuosos con el medio ambiente y con el consiguiente valor añadido frente a los consumidores europeos, más conscientes de la necesidad de un desarrollo realmente sostenible.

En este sentido, el resultado de la estrecha colaboración entre el sector industrial y el científico-tecnológico ha empezado a dar sus primeros frutos. Señalar, sólo a modo de ejemplo, los importantes resultados que se están obteniendo en los sectores eléctrico, de transporte, turístico y de contaminación ambiental.

2.4 Criterios de interés público

La priorización del Subprograma está directamente relacionada con el conocimiento, la conservación y la mejora del entorno natural. Existe una necesidad urgente de mejora de la calidad medioambiental, a través, tanto de políticas activas de prevención, como de medidas de conservación, lo que tendrá un efecto inmediato en la calidad de vida de todos los ciudadanos. Los avances en estos campos serán el resultado de los logros en el conocimiento científico y en el desarrollo tecnológico en este área.

El estudio de la atmósfera, el clima, el cambio global y sus efectos sobre la biodiversidad es uno de los retos más importantes en la actualidad, dado que el ritmo de desaparición de especies y de destrucción de hábitats no tiene parangón en épocas anteriores. Éstas pérdidas tienen graves repercusiones socioeconómicas, ya que los sistemas naturales brindan gratuitamente un sinfín de servicios a la sociedad, desde el filtrado y retención de agua potable hasta el atemperamiento del clima, mantenimiento de la fertilidad del suelo, purificación de aguas y aire, modulación de situaciones extremas, prevención de avenidas, etc., por no hacer referencia a los potenciales usos farmacológicos de los productos naturales. En última instancia, el medio ambiente tiene repercusiones sobre la salud humana, por lo que su mantenimiento en condiciones adecuadas es de primordial interés.

España, como Estado miembro de la Unión Europea, firmante de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Biodiversidad, de los Convenios de Ramsar y sobre Desertificación y del Protocolo de Kyoto, ha asumido compromisos importantes, que implican una elevada movilización de recursos, tanto científico como económicos, a los que este Subprograma contribuye de forma notable.

Finalmente es conveniente citar, como de no menor interés, la divulgación de la ciencia como catalizadora de cambios de actitud en la sociedad.

3 Estructura y objetivos del subprograma

El Subprograma nacional de Biodiversidad se ha articulado en campos temáticos en los que se estimulan actividades que repercuten favorablemente en la generación de conocimiento y en su aplicación en pro del beneficio social.

Sus prioridades están enfocadas a profundizar en el conocimiento de la biodiversidad y las funciones ecológicas, y en sus interacciones con la actividad humana, así como en el desarrollo de tecnologías orientadas a la gestión, conservación y restauración. Para ello, el Subprograma se ha estructurado en cinco prioridades temáticas, cada una de ellas con líneas de actuación, que se describen a continuación.

3.1 Evolución de la biodiversidad

Biogeografía. Estudios taxonómicos y filogenéticos. Procesos y mecanismos de especiación. Selección natural y adaptación. Selección sexual. Co-evolución.

3.2 Ecología

Interacciones entre individuos, poblaciones y especies, y entre éstos y su medio. Estructura genética y dinámica de poblaciones. Relaciones biodiversidad / productividad en ecosistemas terrestres y acuáticos. Análisis integrados del ecosistema y modelización de procesos ecológicos. Conectividad y redes ecológicas. Sucesión ecológica en tierras abandonadas. Estructura, funcionamiento y modelización de redes tróficas. Ecología evolutiva y fisiológica. Ecotoxicología.

3.3 Causas de la pérdida de biodiversidad

Pérdida y fragmentación de hábitats: efectos del cambio de uso del suelo y del cambio climático sobre la biodiversidad y las funciones del ecosistema a corto, medio y largo plazo; efectos de la degra-

dación del suelo, la desertificación y los incendios forestales sobre la biodiversidad y el funcionamiento del ecosistema. Especies invasoras y sus efectos sobre el ecosistema. Sobre-explotación de especies de interés económico. Contaminación. Investigación en áreas con elevada biodiversidad y alta proporción de endemismos, ecotonos y otras zonas sensibles al cambio global. Factores de vulnerabilidad y resistencia de los ecosistemas terrestres y acuáticos a la perturbación.

3.4 Conservación

Conservación de recursos genéticos, especies, comunidades y hábitats singulares. Técnicas y métodos para el uso sostenible, conservación y restauración de la biodiversidad. Monitorización de zonas de especial interés. Uso sostenible de especies silvestres de interés económico. Sistemas de alerta e indicadores de degradación del ecosistema. Impacto del cambio global, incluyendo cambio climático. Rehabilitación y restauración ecológica. Especies endémicas y amenazadas. Programas de recuperación, reproducción y reintroducción de especies en peligro. Evaluación de estrategias de recuperación y restauración de especies y ecosistemas. Prevención de riesgos naturales y catástrofes medioambientales. Mecanismos de coordinación y protocolos de actuación frente a emergencias medioambientales.

3.5 Desarrollo de nuevas tecnologías

Mejoras tecnológicas y diseño de redes de observación, obtención y gestión de datos ambientales y reconstrucción de series históricas. Desarrollo de sensores remotos y de técnicas de asimilación y tratamiento de datos. Desarrollo de tecnologías para la evaluación de riesgos y de impactos ambientales. Indicadores y sistemas de alerta de degradación de la biodiversidad. Aplicaciones biotecnológicas a la recuperación de hábitats degradados y especies amenazadas. Biorremediación. Biotecnologías reproductivas. Tecnologías para la mejora de la calidad medioambiental en ecosistemas terrestres.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

La adopción de enfoques multidisciplinares y el desarrollo de nuevas tecnologías en disciplinas que tradicionalmente se habían basado en trabajos de campo observacionales, requiere un apoyo decidido a la creación de nuevos centros o laboratorios, y a la ampliación de los ya existentes en base a proyectos integradores que permitan un uso efectivo de las infraestructuras. De ello depende que se puedan abordar los temas de más interés a nivel internacional, que se encuentran en la frontera con otras disciplinas, como la biología molecular y celular, la inmunología, la biología reproductiva, la toxicología y la biotecnología. Requiere, además, una considerable inversión en equipamiento científico que permita abordar estos nuevos enfoques.

Este área cuenta con grandes instalaciones científicas, como las colecciones de historia natural, que deben apoyarse, ya que son el mayor reservorio de información sobre biodiversidad que existe. El uso de algunas de dichas instalaciones se ha visto potenciado a nivel internacional con el reconocimiento del Museo Nacional de Ciencias Naturales y del Real Jardín Botánico, ambos del CSIC, como "Grandes Instalaciones Científicas" por la UE. Dicho reconocimiento ha convertido a dichas colecciones en un foco de interés de la comunidad internacional, lo que ha supuesto un incremento enorme en el número de usuarios europeos.

Uno de los principales retos en este área es integrar la ingente información que existe sobre biodiversidad, pues en la actualidad se encuentra dispersa y poco accesible. Es importante potenciar la creación e interconexión de bases de datos sobre biodiversidad y, en concreto, apoyar el desarrollo de la iniciativa GBIF (Global Biodiversity Information Facility) cuyo objetivo es crear una red de bases de datos sobre biodiversidad a nivel estatal, garantizar la interoperatividad de los datos y contribuir a la for-

mación de los responsables de las colecciones y usuarios de la información, para promover su explotación y facilitar su acceso.

Promover la creación de bancos de recursos genéticos de especies silvestres y de especies en peligro de extinción que preserven la diversidad genética actual mediante la conservación de gametos, tejidos vivos y embriones, y permitan mejorar la viabilidad de poblaciones naturales facilitando el intercambio de material genético. Promover la coordinación entre bancos a través de una estructura en red que facilite la distribución y acceso de información y muestras a los grupos de investigación.

Ante la complejidad e interdependencia de muchos de los procesos que se dan en los diferentes sectores del *Subprograma de Biodiversidad* se plantea la necesidad de potenciar instalaciones medias con funcionamiento en forma de red, que permitan la coordinación de los trabajos realizados a escala nacional así como la diseminación de los datos en ellos utilizados.

De forma específica se considera importante:

- Apoyar las redes orientadas a la prevención y seguimiento de los desastres naturales.
- Favorecer la organización de reuniones de trabajo entre diferentes grupos españoles para permitir el intercambio de conocimientos científicos, programar acciones conjuntas y la constitución de grupos interdisciplinares.
- Crear un banco de datos a nivel nacional que centralice toda la información relativa a biodiversidad, datos atmosféricos y climáticos y Cambio Global.
- Coordinar, a nivel nacional, la presencia española en las diversas iniciativas de la UE e internacionales relacionadas con la Biodiversidad y el Cambio Global.
- Propiciar un marco que favorezca el incremento adecuado de la colaboración con el sector empresarial.
- Reforzar con medios humanos y materiales los Centros de Investigación que participen en proyectos internacionales orientados a centralizar información sobre Biodiversidad, Clima y Cambio Global.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE ATMÓSFERA Y CAMBIO GLOBAL

1 Ámbito temático del subprograma

El Subprograma nacional de Atmósfera y Cambio Global se estructura sobre objetivos concretos que permiten un mejor conocimiento del comportamiento de la atmósfera y del sistema climático, así como una mejor caracterización del clima, caracterizado en términos de parámetros atmosféricos. Su ámbito temático se extiende a la evaluación de los impactos del cambio climático en los sistemas naturales y socioeconómicos, y a las estrategias a tener en cuenta para mitigar sus efectos.

Además, el subprograma incluye actividades que permiten mejorar los sistemas de observación por satélite, la predicción de fenómenos meteorológicos extremos y relacionar los fenómenos meteorológicos con la conservación del medio ambiente. Dicho conocimiento es fundamental para la toma de decisiones en el ámbito de la preservación de ecosistemas y actuación sobre los recursos naturales y en la mejora de la calidad de vida.

Los objetivos de este Subprograma deben dar respuesta sobre cuáles son las condiciones a respetar para garantizar un desarrollo sostenible y para que las tecnologías medioambientales no sólo contribuyan a la mejora de la calidad del medio ambiente, sino que favorezcan también el crecimiento y el empleo. De este modo, el ámbito del Subprograma de Atmósfera y Cambio Global abarca todas las fases de las actividades de I+D+I, desde la investigación básica a la innovación tecnológica, pasando naturalmente por el desarrollo industrial.

2 Justificación del subprograma

La justificación de la inclusión del Subprograma de Atmósfera y Cambio Global en el Área de Ciencias y Tecnologías Agroalimentarias y Medioambientales se basa en los criterios siguientes:

2.1 Criterios científicos

El subprograma se encuentra en una estrecha relación con el VI Programa Marco de I+D de la Unión Europea, no sólo en cuanto al enfoque sino también en los objetivos. El programa europeo incluye tres áreas temáticas, que cubren sistemas energéticos sostenibles, transporte de superficie sostenible y cambio global y ecosistemas. La relación aludida tiene un mayor reflejo fundamentalmente en el área temática sobre Cambio Global y Ecosistemas, donde aparecen como líneas prioritarias: la mejora de la capacidad de observación, el desarrollo de indicadores de la variabilidad climática y de la calidad del aire, la modelización del sistema climático, la contaminación atmosférica, el cambio climático, la predicción de fenómenos extremos, y el uso de técnicas de teledetección, el desarrollo de aspectos tecnológicos en relación con la prevención de riesgos, los mecanismos de desertificación, los desastres naturales, las estrategias para el manejo sostenible del suelo, y el establecimiento de primeros indicadores del cambio global.

Además, la mayoría de los objetivos científicos aquí propuestos son también prioritarios en el VI Programa de Acción Medioambiental de la Unión Europea, así como en programas más específicos como el Programa Mundial de Investigación sobre el Clima, en el Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP), el Programa Europeo sobre el Cambio Climático, el International Programme on Biodiversity Science, DIVERSITAS; el UNEP Biodiversity Programme, y el UN Biodiversity Planning Support Programme.

2.2 Criterios tecnológicos

La utilización de tecnologías disponibles y el desarrollo de nuevas para el seguimiento de la atmósfera y del sistema climático, así como el desarrollo de métodos para evaluar el Cambio Global y sus efectos sobre la biodiversidad, favorecerán la exploración y desarrollo de tecnologías relacionadas con el control del medio ambiente y el cumplimiento de los compromisos internacionales adquiridos.

2.3 Criterios sectoriales

Los intereses económicos de España en actividades relacionadas con el Cambio Global son muy importantes. Un porcentaje significativo del PIB y de los empleos depende directa o indirectamente de dichas actividades. Así, por ejemplo, los riesgos meteorológicos, el aumento de contaminación, los fenómenos extremos o los impactos del cambio climático tienen importantes consecuencias socioeconómicas en la gestión y uso de los recursos energéticos, hídricos, agrícolas, costeros y naturales de nuestro país.

2.4 Criterios de interés público

Las técnicas de prevención de la contaminación y producción limpias aportan un gran valor añadido a la sociedad, ya que aumentan el compromiso de la misma con el uso sostenible de los recursos naturales. Existe una necesidad urgente de mejora de la calidad medioambiental, a través tanto de políticas activas de previsión como de medidas de conservación, lo que tendrá un efecto inmediato en la calidad de vida de todos los ciudadanos. Los avances en estos campos serán el resultado de los logros en el conocimiento científico y en el desarrollo tecnológico en esta área.

El estudio de la atmósfera, el clima y el cambio climático es uno de los retos más importantes a enfrentar en el siglo XXI. Mantener la estabilidad y el crecimiento económico en un clima cambiante supone un enorme reto de interés público, sectorial, científico y tecnológico que, bien tratado, puede

proporcionar nuevos recursos. España, como Estado miembro de la Unión Europea, de la Convención Marco de las Naciones Unidas y del Protocolo de Kyoto, ha asumido compromisos importantes que implican una movilización de elevados recursos tanto científico-técnicos como económicos.

3 Estructura y objetivos del subprograma

Las prioridades que siguen están encaminadas a mejorar la observación, conocimiento y simulación del clima, a la obtención de escenarios que den cuenta de los cambios más probables en el futuro y a la evaluación de los impactos potenciales de dichos cambios. También se incluyen la vigilancia y predicción de episodios meteorológicos extremos y las aplicaciones medioambientales de la meteorología en áreas geográficas de interés nacional. Dentro de las prioridades temáticas se identifican las líneas de actuación.

Mejora de la capacidad de observación de la atmósfera y del sistema climático, asegurando la disponibilidad de datos

- Desarrollo y mejora de la tecnología y diseño de redes de observación.
- Obtención de datos y reconstrucción de series históricas. Desarrollo de técnicas de asimilación y tratamiento de datos.
- Desarrollo de sensores remotos y de nuevas metodologías de análisis de datos obtenidos mediante técnicas de teledetección.

Promoción del conocimiento y la simulación de los procesos físico-químicos que regulan el estado de la contaminación atmosférica y de otros cambios atmosféricos

- Procesos que regulan la producción, dispersión y eliminación de gases contaminantes y aerosoles, así como retroalimentaciones y sinergismos asociados a los mismos.
- Variabilidad y procesos reguladores de la concentración del ozono troposférico y estratosférico y sus relaciones con el cambio climático.
- Desarrollo de modelos meteorológicos para la predicción de niveles de contaminación atmosférica, de conformidad con la normativa que regula la calidad del aire.
- Determinación y predicción de la distribución de radiación ultravioleta y sus efectos sobre la biosfera y la salud humana.

Apoyo a la caracterización de la variabilidad climática y desarrollo de la capacidad de predicción climática

- Caracterización, detección y evaluación de los cambios observados en el clima y su atribución, con particular atención sobre los fenómenos extremos.
- Estudio de la predecibilidad de los patrones de circulación de la atmósfera y el océano, así como sus interacciones y teleconexiones. Desarrollo, validación y aplicación de técnicas de predicción climática estacional.

Promoción del conocimiento y simulación de los procesos e interacciones que regulan el cambio climático a escala regional

- Ciclos biogeoquímicos y procesos que regulan las emisiones netas, las concentraciones y tendencias futuras de los gases de efecto invernadero, con especial atención a los ciclos del carbono y del nitrógeno.

- Procesos y retroalimentaciones que mejoren la calidad de los modelos climáticos y contribuyan a reducir las incertidumbres de las previsiones de cambio climático.
- Desarrollo, adaptación, validación y comparación de modelos climáticos.

Obtención de escenarios para la evaluación de impactos y riesgos climáticos

- Obtención de escenarios de cambio climático, bajo hipótesis estándar, de variables climáticas y con resoluciones temporales o espaciales adecuadas. Desarrollo y adaptación de métodos dinámicos y estadísticos a la previsión regional del clima.
- Desarrollo de métodos, técnicas y modelos que permitan determinar la sensibilidad, la vulnerabilidad y la evaluación de los impactos del cambio climático en los sistemas naturales y socioeconómicos.
- Análisis y estimaciones de aspectos socioeconómicos tendentes a evaluar los efectos del cambio climático y el coste-beneficio de estrategias alternativas de adaptación y mitigación.

Fomento del uso de técnicas meteorológicas y climatológicas de apoyo a la gestión de recursos naturales y de predicción y prevención de desastres naturales y ambientales

- Predicción y prevención de fenómenos meteorológicos extremos.
- Gestión de recursos hídricos y acoplamiento de datos meteorológicos con modelos hidrológicos.
- Predicción y prevención de episodios de incendios forestales.
- Predicción meteorológica aplicada a la gestión de recursos eólicos.
- Efectos de la variabilidad climática sobre la erosión, la degradación de suelos y los riesgos de avenidas.

Desarrollo conceptual y tecnológico de las evaluaciones de riesgo ambiental

Los procedimientos de evaluación de riesgos ambientales constituyen la herramienta imprescindible para proporcionar una sólida base científica a los gestores ambientales responsables de las tomas de decisiones. La aplicación de los procedimientos de las evaluaciones de riesgo ambiental es múltiple, y abarca todos los niveles implicados en la gestión ambiental, desde las autoridades competentes hasta las PYMEs.

Tanto la UE como otros países de nuestro entorno han desarrollado un importante tejido científico y tecnológico para el desarrollo y aplicación de procedimientos de evaluación de riesgo para el medio ambiente y, sin embargo, este desarrollo no ha alcanzado convenientemente al sistema nacional de I+D+I. En España existen grupos de investigación punteros en desarrollos conceptuales de protocolos de evaluación de riesgo ambiental, y al mismo tiempo la iniciativa de AENOR para desarrollar una norma UNE experimental sobre evaluaciones de riesgos ambientales cubre el aspecto tecnológico y de innovación.

Sin embargo, la falta de coordinación y en muchos casos de conocimiento e interés por parte de grupos que podrían cubrir aspectos de estas evaluaciones hace que, en conjunto, estemos lejos de la situación de otros países de nuestro entorno como Holanda, Alemania, Francia o el Reino Unido y muy lejos del status Norteamericano. Por ello, se considera necesario el desarrollo de las siguientes líneas de actuación:

Coordinar y fomentar la participación española en el desarrollo Europeo e Internacional de los procedimientos de evaluación de riesgos ambientales.

Establecer vínculos de unión entre los grupos nacionales que realizan el desarrollo científico de los procedimientos de evaluación y los centros tecnológicos, empresas y entidades de normalización que llevan a cabo los procedimientos para su aplicación.

Atraer nuevos grupos de investigación, centros tecnológicos y empresas para que participen con sus conocimientos en el desarrollo de las evaluaciones ambientales.

Proporcionar el desarrollo necesario de las evaluaciones para cubrir las necesidades específicas nacionales (administraciones estatales, autonómicas y locales, empresas y ONGs), así como alcanzar el nivel de contribución necesario en el ámbito europeo y mundial.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

En relación con los estudios atmosféricos, la información disponible se encuentra en bases de datos y colecciones demasiado diversificadas, dispersas y no suficientemente conocidas por los investigadores. Su acceso es fragmentario y limitado a la comunicación científica, por vía telemática, particularmente en lo que se refiere a publicaciones y bases de datos. No existe un **Centro Nacional de Información** que canalice el acceso a todos los datos existentes. Por tanto, la creación de bases de datos y de un centro de supercomputación deben ser consideradas como fundamentales para que la ciencia y la tecnología española no queden desfasadas respecto a otros países del entorno europeo. Un **Centro Nacional de Supercomputación** facilitará los problemas de cálculo que tienen actualmente bastantes investigadores españoles, que trabajan en modelización (p.ej.: en predicción atmosférica y climática).

Una política decidida del subprograma favorecería la creación de una red de centros técnicos de apoyo a la investigación, cuya distribución sea estratégicamente diseñada de acuerdo con la existencia de los **centros de excelencia** existentes y con un mejor servicio a la comunidad científica.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE CIENCIAS DE LA TIERRA

1 Ámbito del subprograma

El Subprograma nacional de Ciencias de la Tierra se crea con el objetivo principal de potenciar las actividades de investigación básica y aplicada en todos los campos del saber relacionados con el conocimiento del funcionamiento del sistema Tierra, con el aprovechamiento respetuoso con el medio ambiente de los recursos naturales, con la prevención de riesgos naturales y su mitigación, y con el uso del territorio. Se consideran en este subprograma los recursos hídricos y no los marinos por ser objeto de otro subprograma.

El subprograma apoya enfoques multidisciplinares encaminados a mejorar el conocimiento de los procesos pasados y actuales del sistema Tierra que han condicionado y condicionan las características del medio físico y de sus recursos geológicos y que persigan soluciones metodológicas a problemas de gestión y uso de estos recursos. Este conocimiento debe proporcionar unas bases sólidas en que apoyar las actividades humanas, tales como la actividad minera, la construcción de obras civiles, la energía, la gestión de residuos, la mejora de las condiciones de vida de la población frente a los fenómenos sísmicos y otros riesgos geológicos, el uso y gestión de los recursos geológicos, los preocupantes procesos de desertificación, etc. El subprograma conecta la investigación básica y la investigación orientada en las Ciencias de la Tierra. Es un subprograma que incluye la transferencia de tecnología y conocimiento para diversos sectores industriales y de servicio: minero, energético, de la construcción, del urbanismo, del uso del territorio, del turismo, así como de las administraciones responsables del Medio Ambiente y de la Protección Civil.

Con estas características se considerarán en esta área proyectos en los campos de las Ciencias de la Tierra, recursos energéticos y minerales, caracterización y evaluación de suelos, erosión y desertificación, explotación sostenible de recursos, riesgos naturales, tecnologías para la preservación y uso de

recursos naturales, y almacenamiento de residuos en medios geológicos. Asimismo se contemplan los aspectos relacionados con los recursos hídricos, ya que el agua es esencial e insustituible para la vida, el medio ambiente, la sociedad y las actividades económicas. Su regulación necesita profundizar en la investigación en campos que van más allá de la técnica. Es por tanto necesario alcanzar los niveles de calidad del agua que no den lugar a repercusiones ni riesgos inaceptables para la salud de las personas y del medioambiente (que no es si no el objetivo jurídicamente vinculante de "buen estado del agua" que fija la Directiva Marco de Aguas) y hacer lo necesario para que el ritmo de explotación de los recursos sea sostenible a largo plazo.

2 Justificación de la priorización del subprograma

2.1 Criterios científicos

La desaparición específica del ámbito temático de Ciencias de la Tierra en el VI Programa Marco Europeo demanda acciones puntuales a nivel nacional. En este sentido, la Fundación Europea de la Ciencia (ESF) recomienda suplir estas carencias con los respectivos programas nacionales. De no asumir esta recomendación, la continuidad y la progresión ya iniciada en España se verán truncadas por falta de financiación a un amplio sector dedicado a la investigación básica y aplicada, que se ha demostrado de calidad contrastada en anteriores Planes Nacionales de Investigación y programas europeos. De esta forma, la supresión del *Programa General de Promoción del Conocimiento* debe entenderse como resultado de la inserción de sus líneas de investigación en los ámbitos correspondientes de los diferentes programas, en este caso el de *Biodiversidad, Ciencias de la Tierra y Cambio Global*.

Conviene destacar la participación activa de investigadores españoles en programas internacionales, especialmente en el contexto europeo (ARGO, ENVISAT, ERS, ESA, ESF, EUROGOOS, EUROCEAN, EUROPROBE, GOOS, IOC, IODP, JEODI, MAS), y ha de incrementarse en el futuro para vigorizar nuestro sistema científico. Además, es notable, y creciente, la incidencia en publicaciones de impacto recogidas en el Journal Citation Reports, de acuerdo con los índices Science Citation Index y equivalentes, y muy relevante la participación en programas europeos en fase inicial (EUROMARGINS).

En el VI Programa Marco de I+D de la Unión Europea, alguno de los objetivos aquí seleccionados aparecen como líneas prioritarias. Entre otros, la predicción de fenómenos extremos, y el uso de técnicas de teledetección, el desarrollo de aspectos tecnológicos en relación con la prevención de riesgos, los mecanismos de desertificación, los desastres naturales, las estrategias para el manejo sostenible del suelo, y el establecimiento de primeros indicadores del cambio global. Complementariamente, las reconstrucciones paleoambientales deben considerarse de interés especial en tanto que aproximan las directrices del VI Programa Marco a un vasto campo de investigación en Ciencias de la Tierra.

En términos más específicos, correspondientes a los distintos campos identificados en el *Subprograma Nacional de Ciencias de la Tierra*, se reconoce que:

- El estudio de los fenómenos que actúan sobre la Tierra, afectando a su constitución y forma, es materia de indudable interés no sólo como disciplina básica del conocimiento de la naturaleza, sino por el interés socioeconómico de los procesos que suceden en la litosfera, espacio en el que se encuentran la mayor parte de los recursos del planeta. De especial relevancia es la observación, vigilancia, prevención y mitigación de aquellos procesos susceptibles de producir daños a la población, bienes e infraestructuras.
- El desarrollo de investigaciones geotécnicas se enmarca en las necesidades de la nueva orientación del mercado de trabajo y requerimientos de la investigación y desarrollo de las ingenierías para la planificación y ejecución de grandes infraestructuras civiles, así como para el mantenimiento de las existentes. El desarrollo de la industria de materiales de construcción debe igual-

mente encontrar respuestas en la propuesta de líneas de investigación que conciten la potenciación del sector, así como mejoras sustanciales en la capacidad específica de I+D+I del sistema nacional de investigación.

- La investigación de la morfología, composición, tipología, génesis y evolución edáfica permite progresar en el conocimiento de los mecanismos de desertización y evaluar la calidad de los suelos. Sobre esta base se articulan las evaluaciones sobre la optimización del uso sostenible del suelo (con atención especial al contenido en carbono orgánico), evitando su degradación. El estudio de los paleosuelos es fundamental para la reconstrucción de procesos de interpretación paleoambiental, cuya capacidad predictiva es de gran utilidad.
- Los minerales suministran información sobre procesos naturales a través de la dinámica físico-química de su génesis y/o transformación. Su estudio, desde la escala atómica a la global, ofrece un amplio espectro de aplicación en el sector industrial y tecnológico, en la conservación del medio físico y del patrimonio, y en problemas medioambientales como el almacenamiento de residuos radioactivos y aspectos relacionados con el tratamiento de la contaminación.
- El estudio de procesos relacionados con la generación de magmas y zonas de subducción conlleva un fuerte desarrollo tecnológico. Las implicaciones de los estudios multidisciplinares amplían las perspectivas de exploración minera, especialmente en el caso de sustancias no convenientemente conocidas (Ni, Cr, platinoides). La integración de estudios geofísicos, petrológicos, geoquímicos y geocronológicos permite avances significativos en la comprensión de la estructura y dinámica litosférica.
- El auge de los estudios geobiológicos y biogeológicos revitaliza la investigación paleontológica en el contexto estratigráfico, como fuente única de información que permite obtener modelos de cambios ambientales a diferentes escalas temporales, en ámbitos geográficos desde regionales a globales y sin influencia antrópica. Asimismo, los datos paleontológicos son el soporte de la datación relativa, que es insustituible salvo en depósitos recientes, así como para la interpretación de procesos relacionados con la evolución biológica. La proyección social de las actividades paleontológicas puede reconocerse en su aplicación a la exploración de recursos naturales (datación bio-estratigráfica, reconstrucción paleoambiental) y en la vitalidad de las entidades de investigación-divulgación científica (museos y parques temáticos, etc.).
- Gran parte de la información sobre la historia de la Tierra se encuentra registrada en las rocas sedimentarias y justifica la relevancia de investigaciones centradas en aspectos estratigráficos y sedimentológicos que registran cambios de condiciones ambientales en la superficie de la Tierra, en relación con la dinámica de interacción entre los sistemas océano/atmósfera, litosfera/atmósfera y manto/litosfera. Su aportación es indispensable para la evaluación y prospección de recursos energéticos y es especialmente valioso el concurso tecnológico asociado. La modelización estratigráfica tiene potencial predictivo en las reconstrucciones paleoclimáticas y paleoceanográficas.

2.2 Criterios tecnológicos

La utilización de las tecnologías disponibles y el desarrollo de nuevas tecnologías están estrechamente relacionados con la investigación en los campos incluidos en el Subprograma de Ciencias de la Tierra. En este ámbito, la interconexión entre el mundo científico y el tecnológico muestra efectos positivos de retroalimentación que han de mejorarse, para lo que será determinante la mejora de las relaciones con el sector empresarial. Entre otros, el uso de nuevas tecnologías es creciente, y lo será más en el futuro inmediato, en campos como la exploración de energías renovables, la exploración sísmica, los estudios sobre la estructura, forma y dimensiones del planeta, las variaciones en la distribución de masas en su interior, los campos potenciales gravitatorios y magnéticos, las investigaciones sobre flujo térmico,

identificación y valoración de riesgos geológicos, los aspectos geotécnicos de su prevención y mitigación, así como de la planificación, elaboración y ejecución de proyectos y obras de la ingeniería civil, la minería y el planeamiento urbanístico, la contaminación ambiental, el desarrollo de las ciencias marinas, la detección y evaluación de recursos y el análisis de cuencas, la analítica aplicada al estudio de minerales, rocas y restos fósiles (HRSEM, ESEM, HRTEM, EMPA, espectrometría infrarroja y Raman, nuevos métodos de difracción de rayos X, ICP-MS, TIMS, etc.), así como en su aplicación al estudio de materiales pétreos en relación con la conservación del patrimonio, en la modelización tridimensional y en geomática.

2.3 Criterios sectoriales

Los estudios sobre recursos naturales y su relación con el entorno representan un campo de investigación de gran importancia en España por su tradición histórica, su ubicación geográfica y la realidad económica. España puede considerarse como uno de los países de la Unión Europea con mayores recursos geológicos potenciales. A los recursos en minería metálica o energética hay que añadir las rocas ornamentales, los minerales industriales y los materiales de construcción. Todos estos materiales representan un importante impacto económico y social, tanto en volumen de empleo como en facturación, de forma que España es, por ejemplo, el segundo productor mundial de rocas ornamentales.

La gestión eficaz del riesgo sísmico y el derivado de otros procesos activos de carácter geológico, puede proporcionar valores elevados de la relación beneficio/coste, que se traduce en una reducción importante de los gastos ocasionados por las catástrofes naturales.

El ámbito de actuación de esta área es el de mejora de la calidad de vida. Las técnicas de prevención y producción limpias aportan un gran valor añadido a la sociedad. Los recientes avances en el conocimiento y la dinámica de la Tierra han abierto nuevas posibilidades en la exploración y explotación de recursos, se comprenden mejor los mecanismos que dan lugar a los terremotos, volcanes y otros eventos catastróficos, y han permitido colaborar en la protección del medio ambiente. Los nuevos conocimientos del funcionamiento del sistema Tierra han ayudado a prevenir, predecir y reducir costes ambientales, económicos y de pérdidas de vidas humanas.

3 Estructura y objetivos del subprograma

El Subprograma de Ciencias de la Tierra persigue promover una ciencia de calidad, contribuir a la formación de investigadores y a desarrollar infraestructuras científicas. Una de sus finalidades es contribuir a la generación de nuevos conocimientos sobre la Tierra, sin olvidar el desarrollo tecnológico que lleva asociado. Paralelamente, tiene otros objetivos de carácter eminentemente aplicados (industria minera, energética, calidad de vida, entre otros).

Las prioridades en las que se estructura el subprograma se han subdividido en seis grupos que cubren objetivos tendentes a mejorar el conocimiento del sistema Tierra, al estudio de los recursos minerales, la investigación en erosión, suelos y procesos externos, la reducción del riesgo ocasionado por acontecimientos catastróficos de naturaleza geológica, la paleontología y, finalmente los recursos hídricos.

Las prioridades temáticas –y sus líneas preferentes de actuación– dentro del subprograma son:

Dinámica y evolución de la litosfera:

- Caracterización de la estructura litosférica y de los procesos que gobiernan la evolución de márgenes activos, pasivos y las zonas de colisión, incluyendo la predicción y la modelización de los procesos geológicos.

- Cuencas sedimentarias. Caracterización; paleoambientes y condiciones de depósito y acumulo de recursos; modelización numérica bidimensional y tridimensional de facies y cuencas; simulación experimental y numérica de sedimentación en márgenes continentales; maduración de materia orgánica; diagénesis; evolución de la porosidad y reservorios; geofluidos en cuencas sedimentarias. Procesos bióticos registrados en rocas sedimentarias.
- Magmatismo y metamorfismo; interacción manto-corteza; partición de elementos traza; papel de los minerales accesorios en las paragénesis ígneas y metamórficas. Distribución de elementos mayores y traza como monitores de la evolución tectónica y metamórfica. Volcanismo y su impacto atmosférico y climático.
- Procesos que afectan a la superficie terrestre. Evolución del relieve. Estudio de los desplazamientos en la corteza terrestre, tectónica activa. Influencia de la dinámica litosférica en los procesos de formación de relieves y erosión. Movimientos en masa y otros procesos activos.

Recursos geológicos:

- Estudio y modelización genética de yacimientos. Tecnologías de explotación. Técnicas de exploración geoquímica y geofísica. Mineralúrgia.
- Gestión de residuos, almacenamientos geológicos.
- Dinámica físico-química de la génesis y transformación de los minerales.
- Investigaciones geotécnicas. Investigación y desarrollo en la ingeniería geológica de infraestructuras civiles y mineras. Materiales de construcción. Conservación y mantenimiento de materiales pétreos. Restauración del patrimonio arquitectónico y monumental.

Reducción del riesgo natural de naturaleza geológica:

- Gestión eficaz del riesgo sísmico. Utilización óptima del conocimiento científico-técnico sobre la actividad sísmica para identificar vías rentables para anticipar, prevenir y reducir las consecuencias sociales y económicas de los terremotos. Sistemas de observación, evaluación y alarma. Vulnerabilidad de estructuras e infraestructuras.
- Riesgo volcánico. Probabilidad y peligrosidad de erupciones volcánicas. Desarrollo de modelos experimentales y numéricos. Técnicas de monitorización geofísica, geoquímica y de observación remota.
- Deslizamientos en masa y avalanchas. Sistemas de observación, evaluación y alarma de los aludes de nieve.

Erosión, suelos y procesos geodinámicos externos:

- Investigación en meteorización física y química, edafogénesis.
- Parámetros que condicionan los procesos erosivos. Evaluación y cuantificación de procesos de erosión. Degradación de los suelos y procesos de desertificación. Modelos predictivos de erosión a diferentes escalas.
- Erosión pluvial por escorrentía difusa y concentrada. Movimientos en masa. transporte y transferencia de sedimentos.
- Glaciología. Fluctuación y balances de masas de la cubierta de hielo. Registro climático en el hielo.

Paleontología:

- Actividades orientadas hacia las directrices del Programa Internacional de Correlación Geológica y temas relacionados (p.ej. Estratigrafía de Eventos de Alta Resolución, bioeventos, correlación bioestratigráfica a gran escala).
- Caracterización de bioeventos y de sus posibles patrones de jerarquización.
- Caracterización de respuestas bióticas a cambios ambientales de amplio rango y globales, especialmente relacionados con dinámica ecológica de periodo largo.
- Identificación de biotas microbianas y la tipificación de su registro, con interés especial, pero no exclusivo, en depósitos pre-fanerozoicos.
- Conservación del patrimonio paleontológico y la divulgación de temas de especial interés social (p.ej. paleoantropología, evolución).

Recursos hídricos:

- Caracterización de los recursos hídricos superficiales y subterráneos. Caracterización del régimen natural. Investigación de las aguas de transición. Caracterización histórica y actual de las entradas y salidas de los sistemas de recursos hídricos, su variación espacial y temporal y su proyección futura. Variabilidades espacial y temporal de parámetros hidrológicos. Estudio y modelación de procesos hidrológicos. Métodos de estimación de la recarga en los acuíferos. Régimen hidrológico y necesidades medioambientales. Los recursos disponibles en las aguas subterráneas y su explotación sostenible. El balance hídrico en zonas húmedas. Criterios para el establecimiento de estados de referencia en sistemas acuáticos. Régimen sedimentológico, identificación de fuentes y sumideros de sólidos.. Análisis integral de cuencas. Nuevas líneas de investigación hidrogeológica.
- Calidad de las aguas superficiales y subterráneas. Contaminación puntual y difusa Calidad natural de las aguas: materiales transportados en disolución y suspensión. Origen, transporte, distribución e impacto de los contaminantes en aguas superficiales y subterráneas incluyendo el sistema agua-suelo-sedimentos. Transporte en la zona no saturada. Criterios de calidad y análisis de riesgos para la utilización de recursos no convencionales. Caracterización y modelación de la atenuación natural de la contaminación de las aguas subterráneas. Eutrofización de las aguas continentales. Fitoplancton tóxico en aguas de embalses. Radioactividad en aguas continentales. Desarrollo de nuevas tecnologías para la rehabilitación, restauración y recuperación de sistemas hídricos degradados. Prevención de la contaminación y protección medioambiental. Estudio de los microorganismos patógenos emergentes en aguas de consumo.
- Predicción de los efectos del cambio global sobre los recursos hídricos y su disponibilidad, así como calidad de las aguas. Predicción de los efectos del cambio global sobre la humedad del suelo, la vegetación, la generación de escorrentía y la recarga de los acuíferos. Integración de escenarios de cambio global en los modelos hidrológicos. Escenarios de demanda y de disponibilidad de agua. Efecto del cambio global sobre los recursos en situaciones ordinarias y extremas así como el comportamiento de los contaminantes ante estas situaciones extremas.
- Gestión integral de los recursos hídricos. Uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas. Gestión integral de la calidad y cantidad de los recursos. Desarrollo de herramientas de simulación y optimización de la gestión de los recursos hídricos. Régimen hidrológico y ecología. Ordenación del territorio y recursos hídricos. Integración de modelos hidrológico-hidráulicos y socio-económicos. Modelos cuantitativos de definición del estado ecológico. Modelos integrales del estado ecológico. Modelos de toma de decisiones en situaciones de conflicto. Incorporación de la incertidumbre en la toma de decisiones. Análisis de riesgos en puntos críticos de los sistemas hidráulicos y redes de distribución.

- Economía del agua. Costes de los servicios relacionados con el agua: financieros, del recurso y ambientales. Modelos matemáticos económicos de simulación de sistemas de recursos hídricos. Repercusión del coste de los servicios entre los usuarios. Análisis coste-eficacia de las medidas de actuación. Combinación óptima de medidas a partir de sus curvas coste-eficacia. Análisis del incentivo de las políticas de precios sobre el ahorro. Desarrollo y aplicación del concepto de costes desproporcionados.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

Las actividades de I+D+I en Ciencias de la Tierra carecen, hasta el momento, de redes de laboratorios de análisis o experimentación. La mayor parte de las infraestructuras analíticas existentes en nuestro país están muy dispersas, carecen de la eficacia necesaria para proporcionar servicios externos a los de los usuarios locales y están lejos de completar las numerosas técnicas que hoy existen para la consecución de una ciencia de calidad y con vocación de liderazgo. Es necesario estimular a las instituciones que poseen este tipo de instalaciones y potenciar su capacidad, pero también crear estructuras de coordinación y completar la capacidad de los laboratorios. En este sentido y para paliar algunas de las muchas deficiencias en infraestructura de las Ciencias de la Tierra, se propone la creación de dos centros nacionales y una red de ámbito nacional: Centro Nacional de Geocronología y Laboratorio Nacional de Geofísica.

4.1 Centro de geocronología

La investigación geológica requiere de un riguroso control temporal; uno de los mayores déficits de las Ciencias de la Tierra en España es la escasez de laboratorios de datación geocronológica y la inexistencia de muchas técnicas de datación. El desarrollo de los laboratorios adquiridos hasta ahora ha sido precario (bien sea por la escasez de técnicos o por la limitación de las infraestructuras) y no existe coordinación entre ellos. Resulta urgente la creación de un Centro Nacional de Geocronología que coordine las instalaciones ya existentes en universidades y otros OPIS y complete progresivamente la incorporación de nuevos laboratorios. Este Centro Nacional de Geocronología debería disponer de una microsonda iónica y un espectrómetro ICP-AES y MS con multicolelector y ablación láser, y potenciar los laboratorios existentes, los laboratorios microanalíticos, con sistemas EMP y LA_ICP_MS, y los laboratorios de isótopos estables.

4.2 Laboratorio nacional de geofísica

Los experimentos geofísicos de reflexión y refracción, gravimétricos, magnetotéluricos, eléctricos, entre otros, son fundamentales para el estudio de la estructura y dinámica de la corteza y litosfera, a la vez que imprescindibles para la prospección de numerosos recursos naturales y la prevención de riesgos geológicos. La realización de estos experimentos requiere una instrumentación numerosa, costosa y no rentable para un solo grupo de investigadores. La creación de un Laboratorio Nacional de Geofísica que dispusiera del equipamiento necesario para estos experimentos, que tuviera la capacidad de mantenerlos y los técnicos necesarios de apoyo, es una necesidad fundamental de todas las disciplinas de las Ciencias de la Tierra.

4.3 Red de gestión de riesgos geológicos

La red basaría su actividad en la utilización óptima del conocimiento científico-técnico sobre cada uno de los riesgos de naturaleza geológica existentes (sísmico, volcánico, avalanchas, etc..) para identificar vías rentables con las que anticipar, prevenir e incluso reducir las consecuencias sociales y económicas de estas catástrofes naturales. Debería también contribuir al desarrollo de procedimientos norma-

La participación española en el Global Biodiversity Information Facility, cuyo objetivo es crear una federación de bases de datos sobre biodiversidad, se considera fundamental.

Los Centros reconocidos como Grandes Instalaciones Científicas Europeas deberán potenciarse como núcleos de actividad internacional.

Por otra parte, las relaciones internacionales deberán ser dirigidas a paliar los siguientes extremos:

- a) El acceso limitado a tecnologías no suficientemente difundidas, como pueden ser los sistemas de medida y seguimiento por satélite, y/o la carencia o escaso desarrollo que afecta al crecimiento deseable de las líneas de investigación de primera línea.
- b) El desarrollo insuficiente de grandes instalaciones y laboratorios especializados que ralentiza el ritmo de crecimiento de las actividades científicas y dificulta la incorporación de nuevos investigadores y técnicos para alcanzar la masa crítica deseable.
- c) El nivel bajo de colaboración entre la industria, la universidad y los centros públicos de investigación, y la ausencia de iniciativas que potencien una estrecha colaboración a niveles equivalentes a los existentes en países punteros de nuestro entorno y en otros distantes de primera línea.
- d) La falta de estudios socioeconómicos sobre el Cambio Climático y sus implicaciones sobre el Cambio Global y la Biodiversidad.
- e) La baja presencia mantenida de gestores y científicos españoles en los foros internacionales.

Por último se considera necesario promover que el Comité Polar Español disponga de los medios para que sea el referente para todos los equipos de investigación españoles y para los de otros países. Debería ser un comité consultor y gestor de la investigación española, de la cooperación internacional y del fomento y la divulgación de los proyectos de investigación en el ámbito polar.

5.4 Fomento de la cultura de la Ciencia y la Tecnología

Tomando como punto de partida la importante labor de divulgación realizada por Centros de investigación específicos que pertenecen al ámbito de este subprograma, como el Museo Nacional de Ciencias Naturales y el Real Jardín Botánico, la difusión de los resultados de investigación se realiza, fundamentalmente, a través de publicaciones científicas especializadas.

Sin embargo, la centralización de información sobre Biodiversidad y Cambio Global en algunos centros de referencia facilitaría la divulgación de la investigación a departamentos de la administración del Estado, a las propias empresas y a la sociedad en general. Por ejemplo, el acceso telemático a los resultados de los proyectos de I+D+I, como los que se están generando en el marco de los grandes proyectos de Flora y Fauna a nivel peninsular, permitiría su explotación inmediata a diferentes niveles (educación, profesional y de gestión).

Desde el punto de vista de la divulgación, destacan las contribuciones del subprograma en el marco de la educación no universitaria. Los conocimientos sobre flora, fauna, endemismos, ecosistemas y espacios de alto valor ecológico tienen una gran demanda social, y el subprograma debería proporcionar herramientas que facilitaran el conocimiento del entorno y la biodiversidad española en los programas de educación primaria y secundaria.

Asimismo, el mantenimiento y desarrollo de jornadas de puertas abiertas beneficiará la percepción y divulgación de las actividades científico-tecnológicas, aumentando la concienciación sobre su importancia.

La posible creación de un **Centro Nacional para el Estudio del Cambio Climático**, como ha sido comentado, facilitaría la divulgación de la investigación a departamentos de la administración del Esta-

do, a las propias empresas y al público en general a través de la creación de bases de datos de acceso público vía internet.

En relación con los estudios atmosféricos, **la creación de bases de datos y de un centro de supercomputación** son fundamentales para que la ciencia y la tecnología española no queden desfasadas respecto a otros países del entorno europeo.

La emisión por televisión de **programas de divulgación científica** relacionados con todos los ámbitos del Subprograma, mostrando los resultados obtenidos por investigadores españoles y patrocinados por el Plan Nacional, podría ser un buen mecanismo para mostrar a la sociedad los previsibles efectos sobre el territorio nacional.

El mantenimiento y desarrollo de **jornadas de puertas abiertas** beneficiará la percepción y divulgación de las actividades científico-tecnológicas, aumentando la concienciación sobre su importancia.

En el caso de la investigación antártica, los datos que se adquieren en el HESPERIDES quedan en la UTM, entregándose copia al investigador principal. Los datos adquiridos en tierra o en campañas anteriores a la existencia de la UTM (antes UGBO) han quedado bajo la custodia de los investigadores principales y de las instituciones a que pertenecen. Por otra parte, existe, en el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) un Centro Nacional de Datos Antárticos (CNDA) que se gestiona entre el Ministerio de Ciencia y Tecnología y el IGME. Todo lo anterior conduce a un considerable cúmulo de información, adquirida con medios del Estado y a un alto costo. Sería por tanto conveniente impulsar el acceso a esa información y su divulgación por los diferentes medios, especialmente en internet, y de forma adecuada a los diferentes niveles de interés social, pasado, por supuesto, el periodo de explotación adjudicado a los grupos que los han obtenido. En cualquier caso, toda esa información debe ser recogida en el Centro Nacional de Datos Antárticos, estructura que debe organizar su difusión pública.

6 Relación del programa nacional con otros programas

Dada la fuerte componente horizontal y el importante carácter interdisciplinar del programa se hace necesario garantizar la adecuada coordinación, además de con los demás subprogramas del propio programa nacional, con los siguientes Programas Nacionales:

- Programa Nacional de Biotecnología (aplicaciones de la biotecnología a la conservación de los recursos naturales).
- Programa Nacional de Biología Fundamental (en los temas de biología, fisiología y biología molecular).
- Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias (conservación de recursos genéticos, incendios forestales y producción agrícol y ganadera).
- Programa Nacional de Ciencias y Tecnologías Medioambientales (Contaminación; Métodos de seguimiento de variables medioambientales, Recursos geológicos, hídricos y marinos, Residuos y riesgos naturales).
- Programa Nacional de Biomedicina (investigación farmacéutica, desarrollo farmacológico, medicamentos y salud pública).
- Programa Nacional de Tecnologías para la Salud y el Bienestar (en el tema de salud y bienestar).
- Programa Nacional de Espacio (Telecomunicaciones, navegación, Física Planetaria, Teledetección).

- Programa Nacional de Energía (Combustibles fósiles – Evaluación, Tecnologías de almacenamiento y transporte de energía; Tecnologías en la mejora y utilización de combustibles fósiles, líquidos y gaseosos; Uso limpio de combustibles fósiles; energías renovables).
- Programa Nacional de Ciencias y Tecnologías Químicas (Análisis químicos y reacciones; Química orgánica; Química inorgánica, contaminación ambiental y ecotoxicología).
- Programa Nacional de Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas (en los temas de crecimiento y calidad de vida y dimensiones humanas y socioeconómicas del cambio global).
- Programa Nacional de Tecnologías para la Salud y el Bienestar (en el tema de salud y bienestar).
- Programa Nacional de Medios de Transporte (Ferroviario, Automoción, Marítimo, Intermodalidad y redes, Seguridad, predicción meteorológica).
- Programa Nacional de Construcción (Mantenimiento y evaluación de infraestructuras, Materiales de construcción, medidas de adaptación al cambio climático y de limitación de emisiones de gases de efecto invernadero).
- Programa Nacional de Tecnologías informáticas (todo lo relacionado con sistemas de adquisición y transmisión de datos, así como con el desarrollo de sensores para auscultación de la Tierra, sistemas de comunicaciones en tiempo real, desarrollo de software para todas las aplicaciones, Bancos de datos, entre otros).

**Área de Ciencias
del espacio
matemáticas y física**

Programa Nacional de Espacio

1 Ámbito del programa nacional

Hoy en día, el sector del espacio constituye un servicio imprescindible para la vida diaria de los ciudadanos e incorpora un valor estratégico innegable al resto de los sectores de la economía. A su vez, cubre un amplio espectro de usos, desde la explotación de los recursos naturales y el avance en el conocimiento científico del universo, hasta su utilización final en la industria, servicios, residencial y transporte.

El enfoque del espacio dentro de la perspectiva de la ciencia y la tecnología debe hacerse de forma que se cubran aquellos aspectos más significativos en los que, existiendo una determinada capacidad acumulada de investigación y desarrollo en España, se posibilite su explotación para las políticas nacionales de interés general, potenciando la demanda de sistemas y servicios espaciales.

Las características del sector espacial que lo configuran como un área temática individualizada y prioritaria para el nuevo Plan Nacional de I+D+I son:

- Es un sector estratégico para conseguir el desarrollo sostenible de la sociedad española.
- Constituye un factor de la soberanía nacional, entendida como la no dependencia de otros para acceder y usar el espacio.
- El espacio es una herramienta fundamental en el desarrollo de la sociedad del conocimiento.
- Tiene una muy fuerte componente institucional, en contraposición por ejemplo con la aeronáutica en la que predomina la componente comercial.
- La industria y la comunidad científica activas en el sector, constituyen un colectivo de muy alta cualificación.
- Los productos y servicios basados en el espacio contribuyen al estado del bienestar en sociedades maduras y desarrolladas como la española.
- La investigación y el desarrollo tecnológico en el sector espacial tiene una gran sinergia con otros sectores económicos y sociales.
- La existencia de una área prioritaria dedicada al Espacio en el VI Programa Marco de la UE, complementario de las actividades de la ESA.

Un objetivo principal de este Programa debe ser el potenciar la participación española en el desarrollo de misiones espaciales y, prioritariamente, en los programas de la Agencia Espacial Europea (ESA) y de otras agencias espaciales nacionales de otros países.

Para ello, las áreas cubiertas por el Programa se centran principalmente en el desarrollo de instrumentación y de experimentos, así como en el desarrollo tecnológico de subsistemas y aplicaciones para misiones espaciales en general.

Se debe realizar un planteamiento integral de las actuaciones de forma que queden encuadradas temáticamente en tres direcciones:

- a) Apoyando la introducción de tecnologías avanzadas y mejorando su captación, reduciendo los costes de fabricación de equipos destinados a tal fin y garantizando su integración en el sistema ciencia-tecnología-empresa español para potenciar, en definitiva, la utilización de las tecnologías espaciales por la sociedad.
- b) Potenciando las comunidades de usuarios en todos los campos de utilización del espacio y prestando especial atención al fortalecimiento y consolidación de los grupos científico-técnicos-usuarios activos en este campo, propiciando asimismo la formación de nuevos grupos y, en definitiva, de la demanda institucional.
- c) Favoreciendo la integración del sistema espacial español en el contexto europeo e internacional, potenciando para ello las líneas de investigación existentes y todas aquellas acciones necesarias para seguir impulsando la incorporación del tejido tecnológico e industrial nacional en los planes internacionales.

2 Justificación de la priorización del programa nacional

El componente básico de la priorización es lograr un esfuerzo sostenido en I+D.

2.1 Criterios científicos

- a) El espacio y sus tecnologías asociadas representa una parte del saber especializado, con una gran incidencia en otros ámbitos de la actividad humana y, con una interdependencia clara de otras ramas de la cadena del conocimiento. La evolución de este área requiere adecuarse a la demanda socioeconómica actual y obliga a profundizar en áreas del conocimiento, tanto científicas como tecnológicas, que requieren mayores esfuerzos para comprender y aprovechar los múltiples fenómenos y desafíos que supone el espacio como "última frontera". Esta múltiple y fuerte conexión con otras áreas del conocimiento va a contribuir a la generación de nuevo saber de gran importancia no sólo para este área sino también en otras áreas relacionadas.
- b) La investigación desde el espacio es una herramienta única para la generación de nuevo conocimiento en diversas áreas de gran importancia: astrofísica, cosmología, ciencias planetarias, climatología, meteorología.. etc. En la mayoría de los casos, este conocimiento no se puede adquirir desde laboratorios radicados en Tierra, debido a dificultades técnicas insalvables. Muchos avances en el conocimiento del Universo y de nuestro Sistema Solar (e incluso de otros sistemas planetarios) así como de los complejos procesos geológicos, biológicos, climáticos y medioambientales de nuestro planeta han sido posibles gracias a los sistemas espaciales desarrollados en los últimos 30 años. La contribución de Europa a este respecto ha sido fundamental.
- c) España ha desarrollado a lo largo de este período una capacidad investigadora y tecnológica importante dedicada al sector espacial. La existencia del Programa de Investigación del Espacio, incluido desde su inicio en todos los Planes Nacionales de I+D, ha servido para promover grupos universitarios especializados en toda España, incluyendo varios Departamentos universitarios e Institutos con una participación muy activa no sólo en los programas nacionales sino también en los distintos Programas Marco de la Unión Europea y en la Agencia Espacial Europea (ESA), lo cual garantiza su grado de desarrollo y excelencia.

- d) La investigación espacial es un área de trascendental importancia en el contexto internacional. La Agencia Espacial Europea (ESA) mantiene una actividad continuada, impulsando y coordinando la mayor parte de la actividad investigadora y el desarrollo tecnológico asociado en Europa. Asimismo, la Unión Europea están dando una atención especial a este sector dentro del VI Programa Marco. Con independencia de estas iniciativas internacionales, todos los países de nuestro entorno promueven programas públicos y privados, que incluso abren a otros países y en los que han participado grupos españoles (p.ej.: Colaboración en Iberoamérica/Brasil con el Observatorio de la Tierra).
- e) Los grupos de investigación españoles están realizando en la actualidad una contribución significativa a diferentes proyectos de investigación espacial, tanto en el campo de la Astrofísica como de la Biología, Observación de la Tierra, Física de Materiales o exploración del Sistema Solar. Asimismo, España dispone de un tejido empresarial con capacidad tecnológica demostrada para participar en el desarrollo de misiones espaciales y al mismo tiempo el proceso de globalización en el desarrollo mundial exige a la vez una intensificación en la investigación de sistemas de telecomunicación avanzados.
- f) La investigación espacial es un área prioritaria en todos los países desarrollados. A nivel europeo, España es miembro fundador de la Agencia Espacial Europea (ESA) y participa en la gran mayoría de sus programas. A través de la misma, colabora en algunos proyectos que promueven otras grandes agencias espaciales nacionales, como la NASA, las agencias espaciales francesa (CNES), rusa (Rosaviakosmos) y japonesa (NASDA), etc.
- g) Grupos científicos españoles participan habitualmente en la mayor parte de las misiones de la ESA así como en algunas misiones promovidas por agencias espaciales nacionales (NASA, CNES, etc). Muchas de las tecnologías desarrolladas en tales misiones científicas revierten al cabo de cierto tiempo en aplicaciones prácticas. La ciencia espacial es pues un promotor y utilizador pionero de muchos sistemas y por esta razón, tiene un papel "motor" en el desarrollo de los centros tecnológicos y del sector industrial.

2.2 Criterios tecnológicos

- a) El nivel de cooperación existente entre los componentes industriales, tecnológico y científico es un indicador del grado de desarrollo del sistema espacial en cada país. Este grado de cooperación en España es muy satisfactorio y, asimismo, la calidad científico-técnica de los grupos y empresas españoles está reconocida internacionalmente.
- b) El desarrollo de instrumentación científica para misiones espaciales requiere la colaboración estrecha entre grupos de investigación y empresas del sector. Asimismo, la capacidad tecnológica de las empresas es fundamental para promover nuevos proyectos que requieran tecnologías de vanguardia, como pueden ser la interferometría espacial, el vuelo en formación, desarrollos en microgravedad, desarrollos de detectores, etc
- c) Las tecnologías espaciales requieren una continua innovación que permita de una parte su introducción en los mercados tecnológicos internacionales y por otra satisfacer los requerimientos de las misiones espaciales, dado el alto nivel de seguridad y ambientes hostiles en los que se desarrollan. La coordinación con el programa tecnológico de la ESA es un dato a tener en cuenta para maximizar las posibilidades de aplicación en misiones futuras, tanto institucionales como comerciales.
- d) El sector del espacio aborda tecnologías que van desde el diseño y producción de equipos hasta la puesta en marcha de servicios que tienen importantes sinergias con otros sectores económicos. Por ello, el desarrollo y fortalecimiento del sector espacial es una tarea prioritaria, así como su imbricación con otros sectores productivos.

- e) El Programa Nacional de Espacio ha sido un elemento determinante para la capacitación tecnológica de las empresas y la consolidación de laboratorios, procesos industriales y actividades económicas y que en definitiva ha contribuido globalmente a fortalecer la posición del sector espacial en el contexto europeo e internacional.

2.3 Criterios sectoriales

- a) El sector espacial español tiene entidad propia y está integrado por un reducido número de empresas de cabecera, subcontratistas, institutos científicos, grupos investigadores y centros tecnológicos que han conseguido una alta capacitación y especialización, que conviene fortalecer.
- b) La industria emplea directamente a unas 2.200 personas de alta cualificación y los grupos científico-tecnológicos pueden alcanzar los 450 investigadores, con dedicación total o parcial, que están involucrados en programas de investigación espacial. Asimismo, el sector alcanza una facturación del orden de los 350 Millones de Euros (2002) dedicando un esfuerzo a I+D superior al 15% y la inversión pública anual representa un esfuerzo "espacial" del orden de 4 Euros por habitante, mas bajo que la media europea de 15 Euros por habitante.
- c) El Programa Nacional de Espacio debe promover las capacidades del sector para asegurar los retornos asociados a una mayor inversión pública y privada en espacio y, en particular, para alcanzar de manera razonable el peso ponderado del PIB (7%) que nos correspondería en nuestra participación en la ESA (actualmente cercano al 5 %).
- d) Para que las empresas y grupos españoles del sector espacial continúen siendo competitivos a nivel europeo deben tener la posibilidad de participar en proyectos financiados a nivel nacional, tal y como se ha hecho en el pasado. Estos proyectos les permiten desarrollar nuevas tecnologías susceptibles de ser empleadas en misiones espaciales comerciales, institucionales o en colaboración internacional.
- e) La industria es más proclive a invertir en los casos en los que se planteen expectativas de negocio futuras con una financiación pública complementaria o una demanda institucional garantizada. Por ello, el sistema Ciencia-Tecnología-Empresa se dinamizaría si se reforzara la componente de utilización por parte de los servicios públicos y entidades de la Administración que pueden hacer uso extensivo de sistemas y servicios espaciales para la ejecución de sus políticas.
- f) Se debe seguir apoyando la relación entre las empresas y los centros públicos de investigación (OPIs), así como con las pequeñas y medianas empresas (PYMEs), con la finalidad de potenciar la especialización y el nivel de competitividad empresarial. Asimismo, la internacionalización de las actividades del sector español constituye una prioridad para acceder con éxito a los mercados comerciales de mayor proyección e interés (Mediterráneo, Iberoamérica, Asia, etc.).

2.4 Criterios de interés público

- a) Los sectores públicos necesitan de los servicios y sistemas espaciales cuyo suministro y disponibilidad debe garantizarse a todos los escalones del sector productivo dada la importancia que tienen las tecnología del espacio, así como en la vida económica y social de las sociedades avanzadas ya que dichos servicios tienen un impacto enorme en la calidad de vida de la población.
- b) Asimismo, la investigación espacial posibilita numerosas aplicaciones de interés público en las áreas de la Telecomunicaciones, Navegación (Galileo, GPS), Meteorología, Climatología, Observación de la Tierra en general (prevención de catástrofes naturales, protección civil), desarrollo de nuevos materiales en microgravedad, ciencias de la vida, entre otras.

- c) Así pues, los productos y servicios aportados por el sector espacial, tienen un cliente potencial importante que son las instituciones públicas dado que muchos servicios proporcionados por la actividad espacial, para satisfacer las necesidades de la sociedad moderna, no tiene aún un carácter comercial que permita su rentabilidad con criterios estrictamente empresariales. De hecho, el usuario principal del espacio es el sector público.

Es imprescindible definir misiones espaciales que tenga una utilidad pública, es decir, que haya una comunidad de usuarios que conozca las aplicaciones del sistema espacial, que tenga interés en la utilización y que esté dispuesta a sufragar los gastos de explotación subsiguientes. La Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas pueden ser perfectamente los usuarios finales (protección civil, localización, cartografía, vigilancia ambiental, gestión de grandes infraestructuras,).

3 Estructura y objetivos del programa nacional

Los objetivos científicos y tecnológicos del Programa Nacional de espacio se articulan en torno a cuatro prioridades temáticas básicas y una Acción Estratégica.

Son prioridades temáticas:

1. Instrumentación científica para satélites y vehículos espaciales
2. Desarrollo de plataformas, cargas de pago y subsistemas
Aplicaciones en áreas precompetitivas :
3. Navegación por satélite (sistema GALILEO) y sus aplicaciones
4. Aplicaciones en telecomunicaciones, y teledetección

La Acción Estratégica es "Diseño y desarrollo de un sistema de observación de la Tierra por satélite".

La actividad espacial en España está caracterizada principalmente por nuestra pertenencia a la ESA, lo que impone un ritmo y unas directrices a la hora de planificar las actividades espaciales a nivel nacional. En este sentido, existen en la ESA una serie de programas de suscripción obligatoria, en los cuales se participa en función del PIB de cada país y otros de suscripción opcional, en los que cada país contribuye de acuerdo a sus intereses y prioridades científicos o industriales.

Entre los Programas obligatorios figura el Programa Científico, que engloba las actividades de Ciencia Básica. En este programa la ESA desarrolla la plataforma, el lanzamiento y la operación de la misión y en la misma España participa al 7% que le corresponde por el peso del PIB. La instrumentación, en cambio, se desarrolla por grupos de investigación financiados por las agencias nacionales de cada país. Estos grupos de investigación reciben a cambio tiempo garantizado para explotar las misiones. Asimismo, su conocimiento preciso de la instrumentación les permite competir con ventaja por el tiempo libre frente a otros grupos que no han participado en el desarrollo de la misión.

Por lo tanto, si se quiere obtener el correspondiente retorno científico, es imprescindible financiar con fondos nacionales los grupos científicos que participan en el desarrollo de la misión, en dicha parte no financiada directamente por la ESA.

La participación española en los programas opcionales es del 3.5% en promedio, esto es, un 50% de lo que nos correspondería de acuerdo con nuestro PIB. El programa opcional más representativo es el de lanzadores, en el que está incluido el desarrollo de los cohetes Ariane. El programa opcional con mayor participación española es el de Observación de la Tierra, en el que España lidera el desarrollo de la misión SMOS.

La aplicación de la política de la ESA de “justo retorno” permite que en todos los casos los fondos comprometidos se inviertan en empresas de cada país, fomentando así el desarrollo tecnológico de las mismas.

No se considera necesario dividir el PNE en distintos subprogramas. El número de actuaciones individuales que se espera para los próximos años es suficientemente manejable como para que se puedan gestionar en común. Asimismo, las actuaciones deben incluir tanto las fases de preparación previa, como las de fabricación propiamente dicha de los instrumentos, subsistemas o equipos y la explotación posterior de los datos, incluyendo las actividades de procesado, almacenamiento y distribución de los mismos.

3.1 Actuaciones en instrumentación científica para misiones espaciales

El Programa Nacional de Espacio debe financiar la participación de grupos españoles en las misiones científicas de la ESA, para asegurar que el retorno científico sea acorde con la contribución financiera española a la ESA, de carácter obligatorio. Estas actuaciones tendrán como objetivo la potenciación de los grupos españoles para que asuman participaciones científica y tecnológicamente importantes, para lo que se fomentará el liderazgo en el desarrollo de los instrumentos cuando sea posible.

La situación de los grupos españoles en el campo de la Astronomía y la exploración del Sistema Solar es en estos momentos muy prometedora, con participaciones muy significativas en las diversas misiones de la ESA.

Los grupos españoles de microgravedad se encuentran asimismo en una posición muy competitiva a la hora de desarrollar experimentos. Se debe aprovechar la participación española en la Estación Espacial Internacional (ISS) a través de la ESA, así como las actividades paralelas necesarias con ésta u otras agencias espaciales, para posibilitar el desarrollo de instrumentos (simulaciones y ensayos previos en Tierra, vuelos parabólicos, torres de microgravedad, etc.)

Por otra parte, existen grupos españoles en gran número de disciplinas relacionadas con las ciencias de la observación de la Tierra, como climatología, oceanografía, atmósfera y recursos naturales cuya actividad y presencia internacional se debe potenciar. Así pues, un objetivo prioritario de este programa debe ser llevar a estas comunidades de usuarios y grupos científicos de observación de la Tierra a un grado de desarrollo y organización comparable al logrado en anteriores ediciones del Programa en los campos de astronomía y microgravedad.

La frecuencia de misiones científicas a nivel europeo es relativamente baja. Por este motivo, y para evitar largos periodos de inactividad en los grupos, se debe fomentar asimismo la participación científica en programas de la NASA y otras agencias espaciales de otros países, aportando instrumentos de alto valor científico y tecnológico. En las áreas de microgravedad y observación de la Tierra, otras agencias espaciales (Rosaviosmos-Rusia, CNES-Francia, etc) desarrollan importantes programas en los que España puede participar, si se habilitan los adecuados mecanismos de gestión y financiación que permitan a España participar con las necesarias garantías de continuidad.

Las misiones en las que los grupos españoles participan ya o están negociando su participación, se indican a continuación. El Programa Nacional de Espacio debe articular los mecanismos para garantizar las contribuciones de los grupos españoles, de manera coherente con los compromisos internacionales adquiridos. Las líneas de actuación prioritaria son las siguientes:

1. Astronomía y Astrofísica desde el espacio: Herschel, Planck y Eddington, GAIA, JWST, DARWIN, XEUS
2. Exploración planetaria: futuras misiones para la exploración de Mercurio, Venus, Marte, lunas de Júpiter, e.g. Venus Express, Beppi Colombo, Programa Aurora.

3. Exploración del Sistema Solar (medio interplanetario) : aprovechamiento de la experiencia adquirida en Ulyses, Rosetta y otras misiones en el desarrollo de futuras misiones.
4. Meteorología espacial: continuación de la capacidad adquirida en SOHO y participación en futuras misiones englobadas en el Programa "International Living with a Star", como Solar Orbiter.
5. Observación de la Tierra: SMOS, GOCE, ADM-Aeolus, Cryosat y futuros anuncios de oportunidad de la ESA. La participación española prevista en SMOS es muy importante, liderando el desarrollo del instrumento principal y del centro de operaciones científicas (a ubicar en VILSPA), que incluirá el procesado, almacenamiento y distribución de los datos.
6. Física Fundamental: estudio de las ondas gravitacionales y la antimateria en las misiones LISA y AMS. Participación en la misión SMART 2 (LISA Pathfinder).
7. Microgravedad experimentación sobre biología, física de materiales, física de fluidos, sistemas de soporte de vida et en: ISS, ELIPS, futuros anuncios de oportunidad de la ESA y de la NASA.
8. Instrumentación para una misión de Exploración de Marte en el programa de colaboración internacional sobre Marte. El IMEWG (International Mars Exploration Working Group) formado por agencias/centros de investigación de los países más importantes en el campo espacial está manejando un calendario en el que se contemplan misiones bianuales. Es fundamentalmente NASA quién propone este tipo de misiones, aunque también la ESA, dentro del marco del programa AURORA, propone un escenario con diferentes misiones preparatorias para la llegada de seres humanos a Marte.

Se propone por tanto el desarrollo de instrumentos cuyo objetivo sea contribuir, de forma visible para el ciudadano español e importante para la tecnología y ciencia españolas, a la búsqueda de signos de vida en Marte. Esta acción aprovecharía la oportunidad de colaboración en el programa internacional de la NASA y del programa AURORA de la ESA, que se nos presenta gracias al prestigio y capacidad de nuestros grupos científicos y conseguiría al mismo tiempo aunar los intereses científicos e industriales en elementos básicos para la exploración de Marte.

Entre los instrumentos se podrían considerar un sistema de detección e identificación de moléculas orgánicas complejas, un radar para la exploración desde órbita o desde un "rover" del subsuelo marciano en búsqueda de cavernas subterráneas con agua o, finalmente, un conjunto de instrumentos utilizables en la exploración del subsuelo en una misión de perforación profunda. El elemento de infraestructura podría consistir por ejemplo en una plataforma para realizar una misión de perforación del subsuelo o un brazo robótico, para el manejo de muestras. La contribución en infraestructura podría, además, incluir algún elemento de comunicaciones a negociar con NASA y la Agencia Spaziale Italiana.

3.2 Actuaciones para el desarrollo tecnológico de plataformas, cargas de pago y subsistemas

El nivel de participación de España en programas espaciales internacionales sólo ha permitido plantear la realización de algunas iniciativas puntuales a nivel de satélites y cargas de pago. Sin embargo, España no se ha planteado el desarrollo de un sistema espacial completo sin la colaboración de otros países que han sido responsables típicamente de la integración y puesta en órbita.

Una excepción importante fue el programa nacional de minisatélites que, pese a su reducida dimensión y prestaciones, ha conseguido unos objetivos importantes en cuanto a integración vertical de todos los agentes del sector español: instituciones, industrias y grupos científicos. Este es el caso reciente del MINISAT 01. Sin embargo, y a pesar del elevado interés que despertó este programa, una parte de equipos y subsistemas ha tenido que ser suministrada por otros países.

Además, España ha participado en programas espaciales como usuario final y como garante de unos ciertos retornos industriales, que en colaboración con otras entidades (HISPASAT, EUMETSAT, SPAINSAT), están siendo fundamentales para retornar al sector español contratos equivalentes a las inversiones realizadas e impulsar la presencia de empresas españolas en los mercados internacionales.

No obstante estos logros, se considera necesario retener y potenciar la capacidad tecnológica e industrial del sector, que posibilite en su momento desarrollar un sistema completo de satélites, y que permita cierto grado de autonomía a la Administración, a la vez que satisface las necesidades de los usuarios nacionales. Esta capacidad conllevaría también una posibilidad de cooperación con otros países, compartiendo los servicios del sistema.

Dicha capacidad se consigue dominando las tecnologías asociadas a un sistema de satélite, fundamentalmente las de la plataforma o módulo de servicios, que suministra al satélite el apoyo esencial para llevar a cabo la misión. El desarrollo tecnológico industrial conseguido hasta la fecha ha permitido aumentar la competitividad en materias del segmento de vuelo de misiones espaciales. Incluso, partes de plataformas han sido ya abordadas por la industria. Sin embargo, se debe avanzar todavía sustancialmente en el conjunto del satélite, incluida la carga útil.

Por otra parte, el grado de especialización industrial alcanzado hoy en día aconseja, en ciertas tecnologías, la compra de equipos, en aras de la competitividad y tal como hacen los grandes integradores. El papel de la industria que se describe a continuación, en lo que se refiere a plataformas de satélites y cargas útiles, es el de integrador, es decir, el que permite la definición del concepto, ingeniería de sistemas, diseño y desarrollo de los subsistemas más importantes y la integración y calificación final.

Son objetivos prioritarios de este área:

- a) Mejorar la posición del sector espacial español, con actividades de I+D orientadas a reducir sus costes y plazos de diseño, fabricación, ensayos y operaciones en órbita.
- b) Aumentar el nivel tecnológico y promover la industrialización de subsistemas completos y equipos (específicamente de aquellos en los que el sector tenga un grado de experiencia suficiente), fomentando la transferencia de tecnología a las PYMEs

Las actuaciones prioritarias a desarrollar son las siguientes:

- 1) Desarrollo de tecnologías de nueva generación y mejora de las actuales para los subsistemas de satélite y vehículos espaciales.

Entre otros se proponen los siguientes subsistemas:

- a) Estructura, mecanismos y control térmico
 - b) Propulsión
 - c) Control de actitud y de posición en órbita.
 - d) Sistema de gestión de datos de abordó
 - e) Potencia eléctrica
 - f) Transmisión de datos y comunicaciones.
 - g) Electrónica de cargas útiles incluyendo tecnologías optoelectrónicas
- 2) Desarrollo y mejora de tecnologías orientadas al producto
- En este caso, tecnologías de la plataforma completa, incluyendo por tanto la concepción global y la descripción de actividades hasta la entrega final del conjunto:
- a) Ingeniería de sistemas, fiabilidad
 - b) Interfaz con la carga de pago, lanzador y segmento terreno
 - c) Software de integración, simulación y monitorización
 - d) Procesos de integración y ensayos

3.3 Actuaciones para navegación por satélite (Sistema Galileo) y sus aplicaciones

La reciente aprobación por el Consejo de la Agencia de la declaración del programa Galileo significa el comienzo del desarrollo de un sistema con una importancia estratégica para Europa en la implantación de la Sociedad de la Información. La fase de desarrollo y validación (IOV) del programa se extenderá desde 2003 hasta el año 2006, con un presupuesto global de 1.100 millones de euros, con una importante contribución pública española a la financiación del mismo, tanto a través de la Comisión Europea, como a través de la Agencia Europea del Espacio.

Ello debe permitir una relevante participación de la industria espacial española en el desarrollo de la constelación. Sin embargo, pese a la indudable importancia del programa de desarrollo y el posterior despliegue de la constelación, que previsiblemente se extenderá hasta más allá del año 2008, hay que tener presente que Galileo es, sobre todo, un programa orientado a satisfacer las demandas de la sociedad europea en cuanto a navegación, localización y sincronización universal de tiempos.

De esta forma, es seguro que el volumen de negocio que Galileo generará aguas abajo en la cadena de valor, a través del desarrollo y comercialización de aplicaciones y servicios de valor añadido, superará con mucho a las inversiones necesarias para el despliegue completo de la constelación. De hecho, el coste de desarrollo completo de Galileo –incluyendo tanto la fase inicial de desarrollo y validación, como el posterior despliegue completo del sistema– se ha estimado en 3.300 millones de euros, en tanto que el mercado de aplicaciones y servicios de valor añadido superará los 20.000 millones de euros anuales hacia el año 2010.

Galileo ya ha supuesto sin duda un importante impulso a este segmento. El grado de conocimiento público y el interés en las posibilidades ofrecidas por los sistemas de navegación por satélite ha aumentado espectacularmente en los últimos años, y la posibilidad de contar con un sistema de titularidad civil y prestaciones superiores a los existentes en la actualidad ha servido como catalizador para la penetración de estos sistemas en nuevos sectores de actividad. Es indudable que, habida cuenta la importancia social y económica que el segmento de aplicaciones y servicios basados en la navegación por satélite tiene, es particularmente importante que el PNE consolide y potencie la posición obtenida en Galileo, fomentando la aparición de un tejido industrial capaz de trasladar el conocimiento adquirido en el desarrollo de los programas EGNOS y Galileo a aplicaciones próximas a los usuarios.

Además, es importante que el desarrollo de este tejido industrial se haga en estrecha colaboración con los potenciales usuarios de estas tecnologías, involucrándolos lo antes posible en la definición de aquellas aplicaciones. El desarrollo de aplicaciones y servicios de valor añadido piloto, basadas en los sistemas existentes en la actualidad (GPS y EGNOS) son una necesidad vital para anticiparse al desarrollo del mercado que posibilitará la entrada en servicio del sistema Galileo hacia 2008.

Por este motivo, el presente Programa Nacional considera como objetivos en el área de tecnologías y aplicaciones de navegación por satélite las siguientes actuaciones prioritarias:

- a) Desarrollo de modelos y algoritmos que permitan la extensión EGNOS hacia nuevas áreas geográficas (América Latina, India, Mediterráneo,). Se prevé el despliegue de los medios de tierra y orbitales necesarios, en cooperación con la Unión Europea y otras organizaciones.
- b) Definición, desarrollo e implantación de nuevos servicios que utilicen tecnologías de localización y posicionamiento por satélite.
- c) Definición y desarrollo de elementos locales complementarios a EGNOS/ Galileo (ej. "in-door navigation").
- d) Validación e implantación de la vigilancia ADS en el espacio aéreo español y rutas de interés (ej. Atlántico Sur).

- e) Integración de las tecnologías y aplicaciones de navegación con los diferentes sistemas de telecomunicaciones, observación de la tierra, información geográfica y otras tecnologías emergentes disponibles.
- f) Se apoyarán también los desarrollos industriales que ayuden a potenciar una participación industrial alta en los satélites de la constelación y el segmento terreno asociado.

3.4 Actuaciones para aplicaciones en telecomunicaciones y teledetección

Estas actuaciones incluyen las aplicaciones espaciales en sentido amplio, basadas en la investigación, desarrollos e innovaciones para proporcionar soluciones y respuestas globales a cada uno de los temas en colaboración con las comunidades de usuarios correspondientes con el objetivo de estimular la demanda y, en última instancia, crear nuevos mercados para el sector.

Se proponen las siguientes actuaciones prioritarias:

- 1) Comunicaciones multimisión basadas en satélites geoestacionarios para gestión de riesgos y emergencias, aplicaciones multimedia, comunicaciones gubernamentales y navegación:
 - a) Estudios de viabilidad en el que se analicen las necesidades de los usuarios y se establezcan los requisitos del sistema o características de la solución propuesta, considerando siempre establecer servicios comerciales.
 - b) Ingeniería de sistemas y de proyecto así como la investigación y pre-desarrollos de tecnologías y elementos críticos para cargas útiles.
 - c) Validación en órbita al objeto de asegurar la viabilidad técnico- económica de la solución propuesta.
 - d) Estudios de aplicaciones innovadoras y análisis de la demanda para adquisición de capacidad por parte de los clientes institucionales en los mercados prioritarios, que se completará con pre-compromisos de utilización.
 - e) Análisis y acciones encaminadas a la obtención de financiación para desarrollar e implementar el proyecto por parte de los usuarios y operadores finales de los sistemas.
- 2) Aplicaciones y Servicios de acceso banda ancha vía satélite basados en los estándares "Digital Video Broadcasting" (DVB)
 - a) Actividades de I+D+I encaminadas hacia una utilización más eficiente del segmento espacial, mayor flexibilidad con la asignación dinámica de banda y con repetidores de tipo híbrido (transparente – regenerativo) así como nuevos formatos de transmisión, para la consolidación de los estándares abiertos (DVB-RCS para el haz de subida y DVB-S para el haz descendente).
 - b) Desarrollos para el nuevo estándar DVB-S2 y las nuevas bandas de frecuencia (Ka) que permitirán una expansión de la solución satélite en cuanto acceso de banda ancha.
 - c) Desarrollos de aplicaciones y servicios multimedia por satélite ya sea en servicios universales o de valor añadido. Especial atención se dedicará a Telefonía e Internet en el medio rural, Integración con soluciones ADSL y Wi-Fi, Teleeducación, Telemedicina, Televigilancia, etc.
- 3) Consolidar el diseño, desarrollo e industrialización de terminales de usuario de bajo coste tanto fijos como móviles, principalmente basados en el estándar abierto DVB-RCS
 - a) Actividades dirigidas hacia terminales específicos para redes multimedia y hacia terminales de muy bajo coste basados en el estándar abierto DVB-RCS para TV interactiva.
 - b) Desarrollos de tecnologías para las diferentes unidades funcionales desde la antena hasta los módulos de radio y de procesado, ya sea para el estándar actual o las evoluciones previstas.

- 4) Definición y desarrollo de proyectos piloto de teledetección con sistemas operacionales
Esta actuación persigue aumentar la masa crítica de usuarios institucionales y privados de los sistemas de teledetección existentes.
- Identificar y modelizar las necesidades de los usuarios.
 - Potenciar la participación conjunta de la industria con las comunidades de usuarios finales y la explotación de los datos existentes.
 - Apoyar la presencia de las organizaciones españolas en el programa GMES, asegurando la participación en los diferentes subprogramas.
 - Promover la utilización de las técnicas de teledetección en las distintas administraciones públicas involucradas.
 - Potenciar la colaboración con América Latina y el área mediterránea.
 - Desarrollo de sistemas integrados de adquisición, proceso, catálogo de datos, archivo y distribución de datos de teledetección, facilitando la creación de redes nacionales y transnacionales normalizadas en ámbito europeo (iniciativa "INSPIRE").
 - Soluciones y tecnologías que permitan una reducción del tiempo de entrega a usuarios, reduciendo los periodos de revisita (mayor maniobrabilidad de los satélites) y reducción de los tiempos de adquisición y procesado de datos.
 - Desarrollo de productos normalizados a partir de datos de diferentes sensores (p.ej. fusión de datos).
- 5) Aplicaciones innovadoras que combinen técnicas de comunicaciones multimedia, navegación y/o teledetección basadas en satélites existentes y de nuevo desarrollo
Estudio y creación de soluciones que aporten valor añadido en las diferentes áreas (riesgos naturales, urbanismo, seguridad, vigilancia, cartografía, emergencias,) integrando tecnologías disponibles y futuras en los tres campos (telecomunicación, observación, navegación) de las aplicaciones espaciales.
- 6) Otras actuaciones futuras: diseño y desarrollo de un satélite de navegación y telecomunicaciones en órbita geostacionaria.
La oportunidad de liderar el desarrollo de un satélite geoestacionario para aplicaciones de navegación y de telecomunicaciones permitiría focalizar en un caso real buena parte de los objetivos y actuaciones de desarrollo tecnológico que se contemplan en este programa, permitiendo además su validación en órbita. Por lo tanto se contempla la posibilidad de acometer a lo largo del período de vigencia del Plan una actuación encaminada al diseño y desarrollo de un satélite de navegación y telecomunicaciones en órbita geostacionaria. Ello permitiría completar el desarrollo tecnológico de la mayor parte de los subsectores espaciales, así como ejecutar de forma real y verificable la importante disciplina de la ingeniería de sistemas y la adquisición de las tecnologías necesarias en aquellos subsistemas en los que la experiencia española es aún escasa.

ACCIÓN ESTRATÉGICA DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE

En los últimos tiempos la principal actividad de desarrollo de tecnologías para el sector espacio ha sido consecuencia de los retornos derivados de la contribución de España a la Agencia Espacial Europea (ESA). Ello ha contribuido a una creciente especialización y mejora de la competitividad de la industria española en el desarrollo y suministro de diversos subsistemas y equipos para satélites y lanzadores.

El volumen de contribución institucional a la ESA no ha permitido a la industria abordar el diseño del sistema completo, entendido éste como el satélite y el segmento terreno asociado al mismo. No obstante, desde finales de los años 80, han existido en España oportunidades para la industria de colaborar en sistemas de satélites completos, como es el caso de los satélites de la Sociedad Hispasat, iniciados al comienzo de la década de los 90, y el del Minisat 01 del INTA.

En esas oportunidades la industria española no estaba aún capacitada para actuar como contratista principal de los satélites Hispasat, por lo que su participación se realizó en el suministro de servicios y equipos que cubrieron unos retornos industriales de evidente interés, e importantes, pero insuficientes de cara a liderar un sistema completo. Así, incluso el satélite Minisat, aún siendo construido con una amplia participación española, tuvo que contar con un cierto número de tecnologías importadas de otros países.

Dado que, la industria no está aún capacitada para acometer de inmediato el reto que supone un sistema de satélite completo, se establece esta Acción Estratégica, que posibilite el desarrollo tecnológico necesario y que suponga una estrategia que permita a la industria española depender de sí misma y no ceder "a priori" el liderazgo industrial a otros países, pidiendo un retorno a cambio. Esta acción estratégica, es pues un elemento clave para salvaguardar el sector espacial español y potenciar el empleo de alta cualificación que le compone.

El objetivo fundamental de esta Acción Estratégica consiste en adquirir la capacitación tecnológica necesaria en el sector espacial español para diseñar conceptualmente el sistema de satélite, desarrollar e integrar la plataforma y las cargas útiles de la misión, definir el segmento terreno y las operaciones para dicha misión, así como calificar el sistema.

Esta acción estratégica tiene como objeto un sistema de observación de la tierra por satélite con un enfoque ampliamente nacional, sin olvidar posibles conexiones con otras iniciativas internacionales como puede ser el GMES, Pleiades, etc.

El sistema podría estar constituido por dos satélites de unos 700 Kg de masa cada uno, en órbita heliosíncrona y con los sensores, a definir, para las misiones de utilidad en sectores como:

- Medioambiente
- Cartografía
- Recursos Naturales
- Protección Civil
- Seguridad y Defensa

Los análisis de viabilidad técnica y económica y una parte de los desarrollos tecnológicos necesarios en subsistemas y equipos se puede realizar a través de las actuaciones del Programa Nacional de Espacio descritas anteriormente.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

El desarrollo de las actuaciones recogidas en este documento requiere la existencia de diversos centros e instalaciones con la capacitación científica y técnica específica del sector espacial. La línea prioritaria debe utilizar las capacidades ya existentes, así como contemplar la conveniencia de crear otras nuevas para dar respuesta ágil a futuras misiones, sistemas o necesidades del mercado que así lo aconsejen (como por ejemplo podría ser el caso con el Programa Galileo).

4.1 Instalaciones científico-tecnológicas grandes y medias

Los programas de investigación y desarrollo en el sector espacial requieren instalaciones como las siguientes:

- a) Centros de Ensayos Ambientales, que estén dotados de cámaras de vacío térmico, equipos de ensayos mecánicos y estructurales, instalaciones para ensayos de compatibilidad electromagnética, etc. El INTA dispone de estas instalaciones que son utilizadas tanto por centros de investigación públicos como por empresas privadas del sector aeroespacial.

Las actuaciones y proyectos propuestos para el Programa Nacional pueden contribuir a potenciar dichas instalaciones, actualizando y completando su equipamiento de cara a los proyectos espaciales en los que España tenga previsto participar activamente en el futuro próximo,

- b) Estaciones de Control de Misiones Espaciales en las que tienen lugar el seguimiento y recepción de los datos, así como su procesado, distribución y archivo. Hay que destacar la presencia en España de tres grandes estaciones para el seguimiento de misiones espaciales: 1) Villafranca del Castillo (VILSPA) que, junto con Cebreros en un futuro próximo, como estación de espacio profundo, está gestionada por la ESA, 2) Robledo de Chavela, estación de espacio profundo de la NASA y 3) Maspalomas, gestionada por INTA.

La presencia de estas estaciones (financiadas por sus organismos propietarios) en nuestro territorio ofrece una oportunidad única de colaboración directa con los distintos agentes del sector espacial español. Un ejemplo es la instalación en VILSPA del Centro de Procesado, Distribución y Archivado de datos de la misión SMOS, financiado por España, lo cual permitirá negociar con éxito nuevas y mayores responsabilidades en misiones futuras.

Asimismo, la estación de Maspalomas se ha convertido en un Centro de Referencia para la recepción de datos de satélites de Observación de la Tierra. En ella se ubica el CREPAD (Centro de Recepción, Explotación, Procesado, Archivo y Distribución) así como el centro de recepción de datos de ENVISAT.

El Plan Nacional I+D+I 2004-2007 seguirá fomentando la colaboración de los agentes españoles del sector con las estaciones de VILSPA, Cebreros y Robledo de Chavela aprovechando así las sinergias con las actividades que allí se desarrollan.

- c) Centros de Diseño, Fabricación e Integración. En la actualidad existen laboratorios de desarrollo tecnológico (que incluyen entre otras actividades el diseño, fabricación, integración y pruebas de instrumentos y equipos espaciales) dotados de personal especializado en diversos centros de investigación y en las industrias del sector.

Las actuaciones horizontales del Plan Nacional relacionadas con los recursos humanos facilitarán y potenciarán la contratación y consolidación del personal técnico de alta cualificación preciso, de manera que la experiencia acumulada pueda ser aprovechada en futuros proyectos. De esta forma se estará en condiciones de participar de manera significativa en los nuevos proyectos que están siendo discutidos en la actualidad para ser implementados a lo largo de la próxima década.

4.2 Centros de I+D de excelencia (ciencia-tecnología-empresa)

Existen en España diversos centros que participan en el desarrollo de instrumentación científica para misiones espaciales con un alto nivel de cualificación: CAB, GACE, IAA, IAC, ICM, IEEC, IFCA, INTA-DIE, LAEFF, OAN, Universidades como la de Granada, Alcalá de Henares o Politécnica de Madrid, además de otros de menor tamaño. Asimismo, cabe destacar la reciente creación del Centro de Astro-

biología, asociado al NASA Astrobiology Institute, dotado de instalaciones punteras para el desarrollo de instrumentación en este campo. Asimismo es de destacar la creación del USOC (Users Support and Operation Centre) asociado al IDR/UPM, seleccionado por la ESA dentro de los planes de utilización de la Estación Espacial Internacional, y especializado en las operaciones del FSL (Fluid Science Laboratory).

El Plan Nacional puede contribuir a la consolidación de estos centros de cara a la participación en futuras misiones. En este sentido, es fundamental el desarrollo de la actuación horizontal relacionada con los recursos humanos para lograr consolidar equipos de investigación que llevan muchos años trabajando en condiciones laborales precarias.

4.3 Creación de una Infraestructura de Red de Datos Espaciales de Observación de la Tierra

La Unión Europea considera Datos Básicos de Referencia los datos e información referentes a la Observación de la Tierra procedentes de diversos sensores, a la vez que los considera un objetivo prioritario a través de la iniciativa INSPIRE (Infraestructura de Datos Espacio-territoriales) que propicia y regula la estrategia de datos y transmisión de la información espacio-territorial de forma normalizada en todo el ámbito europeo.

En España existe infraestructura pública (por ejemplo, CREPAD, IGN, ICC, Universidades, etc.) y privada (AURENSA, INDRA, etc.) capaz de recibir y procesar en gran medida estos datos. Esta infraestructura ya existente requiere un esfuerzo de coordinación y comunicación para facilitar el acceso y distribución normalizada de los datos. Así se llegaría a una mayor utilización y a un aumento considerable del valor añadido.

Se propone que, en coordinación con los centros existentes, pueda crearse la infraestructura necesaria para poner en marcha una Red Distribuida de Centros Temáticos y de Usuarios de Observación de la Tierra. Esta Red deberá de hacer uso de las nuevas tecnologías de comunicación con el objeto de alcanzar la máxima conectividad entre los nodos y sus usuarios.

Finalmente, será necesario contemplar la asignación de recursos humanos, tecnológicos y económicos que permitan cumplir y mantener el desarrollo de esta Red aprovechando a su vez las estaciones de seguimiento existentes (Maspalomas en Canarias y VILSPA en la Península, en particular). Esta Red sería un activo español muy importante cara a la puesta en marcha de GMES a escala europea y daría carta de naturaleza a España como socio de peso en la primera velocidad de dicha iniciativa europea.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa nacional

5.1 Recursos humanos

- a) Incorporación de becarios a centros, grandes instalaciones e institutos para colaborar en las líneas temáticas del Área Temática de Ciencias del Espacio, Matemáticas y Física.
- b) Incorporación de personal de empresas en centros, grandes instalaciones e institutos para colaborar en las líneas temáticas del Área Temática de Ciencias del Espacio, Matemáticas y Física.
- c) Incorporación de personal de centros e institutos en equipos de trabajo dentro de las actuaciones del Área Temática de Ciencias del Espacio, Matemáticas y Física. Estabilidad en la dotación de becas pre-doctorales dentro de los grupos con participación activa en el Programa Nacional de Espacio.
- d) Convocatorias públicas en los centros de investigación que permitan contratar fácilmente tanto técnicos como investigadores post-doctorales por un periodo de varios años (entre 3 y 5).

- e) Mayor agilidad para la contratación de técnicos e investigadores asociados a los proyectos en la modalidad de obra o servicio.
- f) Potenciar el programa de formación de tecnólogos en la ESA y su posibilidad de extenderlo a otras agencias espaciales.
- g) Para mantener y elevar la calidad de la participación española en los programas de investigación espacial a nivel internacional, es conveniente que a través del Plan Nacional se fomente un plan de incorporación de científicos e ingenieros con experiencia postdoctoral a los centros de investigación tanto públicos como privados.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

- a) Fomentar la difusión de actuaciones del Área Temática de Ciencias del Espacio, Matemáticas y Física o relacionadas con las líneas temáticas del Área Temática de Ciencias del Espacio, Matemáticas y Física.
- b) Promover la sensibilización del sector hacia empresas que puedan desarrollar productos y actividades competitivas enmarcadas dentro del Programa Nacional de Espacio.

5.3 Cooperación internacional

- a) Participación en los programas de la ESA y de otras agencias espaciales.
- b) Colaboración con otros grupos en el desarrollo de misiones multinacionales.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

- a) Mantener las convocatorias de Promoción y Divulgación de la Ciencia actualmente activas.
- b) Coordinación con las actividades de divulgación organizadas por ESA y NASA durante el desarrollo de las distintas misiones espaciales.
- c) Organización de congresos anuales relacionados con las líneas temáticas del Área Temática de Ciencias del Espacio, Matemáticas y Física.
- d) Promover el interés en el espacio a través de la divulgación de temas espaciales, en especial los estudios de historia espacial española promovidos en colaboración con el programa de Historia de la ESA.
- e) Promover la divulgación del espacio entre los estudiantes y el profesorado de educación primaria y secundaria con objeto de incentivar la elección de carreras de ciencias e ingenierías, en las cuales se viene detectando una disminución de vocaciones.
- f) Redacción del Libro Blanco sobre el estado de la investigación espacial en España que recoja la disponibilidad y necesidad de recursos técnicos, la coordinación a nivel nacional, colaboración con la Comunidades Autónomas y coordinación de las actividades desarrolladas por los centros de investigación y por las empresas. Este Libro Blanco es conveniente se realice en un plazo máximo de un año.

6 Relación con otros programas nacionales

Los temas de importancia en el solape con otros programas nacionales son entre otros los siguientes:

- materiales.

- los componentes mecánicos de los sistemas de satélites y comunicación (programas de diseño y de equipos).
- los sistemas de instrumentación y control pueden relacionarse con los programas de automática y control.

La investigación espacial se solapa a su vez con algunos de los Programas Nacionales siguientes:

- Programa Nacional de Astronomía y astrofísica.
- Programa Nacional de Física.
- Programa Nacional de Materiales.
- Programa Nacional de Diseño y producción industrial.
- Programa Nacional de Tecnología electrónica y de comunicaciones.
- Programa Nacional de Tecnologías informáticas.
- Programa Nacional de Recursos y tecnologías agroalimentarias.
- Programa Nacional de Ciencias y tecnologías medioambientales.
- Programa Nacional de Defensa.

Programa Nacional de Astronomía y astrofísica

1 Ámbito del programa nacional

Los ámbitos de actuación prioritarios del Programa Nacional de Astronomía y Astrofísica (PNAYA) son:

- 1) Investigación básica en Astronomía y Astrofísica, así como en áreas interdisciplinares emergentes relacionadas con esta disciplina (Astrobiología, Astrofísica Nuclear, Física de Astropartículas, Cosmoquímica, etc.).
- 2) Diseño y realización de instrumentación astronómica.
- 3) Explotación científico-tecnológica de los recursos astronómicos.
- 4) Investigación y desarrollo de tecnologías implicadas en Astronomía y Astrofísica (poniendo especial énfasis en óptica, detectores, mecánica, astrofísica computacional, control de telescopios, comunicaciones de banda ancha y transferencia de datos).
- 5) Integración de la Astronomía española en organismos internacionales y promoción de la instalación de grandes infraestructuras astronómicas en suelo español.

2 Justificación de la priorización del programa

2.1 Criterios científicos

a) Generación de nuevo conocimiento en Astronomía y Astrofísica

La Astronomía y Astrofísica¹ constituye una rama de la ciencia que a pesar de su antigüedad se halla hoy día en plena efervescencia. Por un lado se vislumbra un avance espectacular, en la próxima década, en temas tan importantes y diversos como la determinación de las propiedades globales del Universo y su evolución (problema de la masa oscura, de la energía oscura o quintaesencia, de la geometría del Universo, las características de la radiación de fondo, la relación entre macrocosmos y microcosmos), el origen y evolución de las galaxias (formación de las primeras estrellas y características de las mismas, procesos de retroalimentación en el medio intergaláctico: reionización y fotodisociación molecular, características de las primeras galaxias, sus interacciones como motor evolutivo, estructura galácti-

¹ A lo largo del texto se mencionan Astronomía y/o Astrofísica para referirse al conjunto de todas las Ciencias Astronómicas

ca, quimodinámica, núcleos activos de galaxias), estructura y evolución de las estrellas (nubes moleculares y fase de formación estelar, estructura y atmósferas estelares, estrellas supermasivas, pérdidas de masa de las estrellas y nebulosas planetarias, fases avanzadas de evolución estelar: supernovas, hiper-novas, micro-cuásares y brotes de rayos gamma, enanas marrones y función inicial de masas estelares), el Sol (heliosismología; dinámica, transporte de radiación y magnetismo de la atmósfera e interior solares; viento solar y meteorología espacial) y sistemas planetarios (formación del Sistema Solar, atmósferas planetarias, cuerpos menores, sistemas exosolares y posibilidad de vida extraterrestre). Dada la estrecha relación que guardan entre sí muchos de esos grandes temas, es posible afirmar que los avances que se produzcan en cada uno de ellos pueden revolucionar nuestra concepción del cosmos.

b) Capacidad del sistema español de Astronomía y Astrofísica

España ocupa una excelente posición respecto a la Astronomía que se hace hoy día en todo el mundo. Reúne, además, todas las condiciones necesarias para seguir jugando, en el futuro, un papel importante en este campo. De hecho es una de las ramas más activas y competitivas de nuestro país. Así, desde hace ya algunos años, esta disciplina viene figurando en primer lugar, en cuanto a productividad se refiere, entre todas las ciencias practicadas en España, como queda recogido en los informes elaborados periódicamente por el CSIC en los que se analiza el estado de la ciencia en nuestro país. Según el último informe del Institute for Scientific Information (ISI) para España (1997-2000), la Astronomía es la disciplina que tiene más cuota de participación española, con un índice de 5,5% frente a una media para las demás disciplinas de 2,86%. Asimismo, cabe destacar que en el Informe del ISI Essential Science Indicators que cubre el período Enero 1992 a Febrero 2002 el número medio de citas por artículo publicado es de 9,03 en este campo, siendo la media de España en todos los campos de 6,06. Dentro de la propia Astronomía, España se encuentra a buen nivel internacional. Como recoge un informe reciente elaborado a petición de la Sociedad Española de Astronomía (SEA) y patrocinado por el anterior PNAYA, los trabajos de investigación producidos por los astrónomos españoles se publican en las mejores revistas, alcanzándose un índice de impacto medio de 3,26, y tienen una repercusión relativa mayor que la de la media de los artículos publicados en estas revistas (2,5% superior). Por otro lado, los investigadores están bien distribuidos, en lo que se refiere a las distintas áreas temáticas que se dan en este campo (comparando con la distribución encontrada en países como Reino Unido, Francia y Alemania) salvo en algunos aspectos (ver el apartado de dificultades a nivel nacional), existiendo grupos altamente competitivos en OPIS y universidades de todos los tamaños.

A nivel de infraestructura, España dispone además de un gran potencial observacional, tanto a través del acceso a los telescopios de otros países instalados en territorio español, como el Centro Astronómico Hispano-Alemán (CAHA), los Observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos (ENO) y el Radiotelescopio del Pico Veleta (IRAM), como a través de instrumentos de observación propios en el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA), el Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) y el Observatorio Astronómico Nacional (OAN). Además, en un futuro cercano entrarán en operación el Gran Telescopio Canarias (GTC), liderado por España y con participación de EE.UU. y México, y el radiotelescopio de 40 m del OAN, incrementándose así notablemente el potencial observacional español.

c) La Astronomía y Astrofísica a nivel internacional

La Astronomía es, además, una ciencia de alta prioridad en todos los países desarrollados, tanto por el importante desarrollo tecnológico que conlleva como por su repercusión en distintos sectores productivos y su gran impacto social.

La Astronomía es una ciencia eminentemente internacionalizada y España participa activamente en este proceso. Un alto porcentaje de sus investigadores se ha formado en el extranjero y ha mantenido una estrecha relación con los centros en los que inició la investigación astronómica. Por otro lado, la pre-

sencia de infraestructuras de otros países en suelo español también ha contribuido fuertemente al intercambio internacional. Finalmente, debido al elevado coste de muchos proyectos observacionales de gran envergadura, la investigación de punta en Astronomía acostumbra a transcurrir a través de grandes colaboraciones supranacionales, tendencia que se va acentuando con el paso del tiempo. Este hecho ha llevado a muchos grupos españoles a relacionarse con otros grupos del extranjero, integrándose fácilmente en proyectos internacionales gracias a su alto nivel competitivo.

A nivel europeo, los países más desarrollados, de hecho la gran mayoría de los países de la UE, participan en un gran consorcio astronómico llamado European Southern Observatory (ESO) cuya finalidad es la de coordinar los esfuerzos de los países participantes en grandes proyectos astronómicos, difícilmente realizables por cada uno de ellos individualmente. En este sentido, hay que señalar que España es una rara excepción, sobre todo atendiendo a la importancia que presta al desarrollo de la Astronomía.

2.2 Criterios tecnológicos

La Astronomía española está embarcada en proyectos de vanguardia como el GTC, el Atacama Large Millimeter Array (ALMA) y las múltiples misiones de astronomía espacial que implican desafíos tecnológicos muy importantes. La participación española surge de manera natural al estar nuestra investigación a un nivel en algunos casos superior a la media internacional. No se trata ya de involucrarse en esta ciencia de primera línea para aprender sino para colaborar en igualdad de condiciones y liderar en muchos casos. En estos momentos está garantizada la presencia activa de España entre los países más avanzados en astronomía y en el desarrollo de las tecnologías asociadas participando en los grandes proyectos multinacionales.

La experiencia reciente indica que existen industrias españolas capacitadas y deseosas de participar en estos proyectos. Desgraciadamente esto no es cierto en determinadas áreas tecnológicas con posible implicación en Astronomía en las que, hoy por hoy, es inevitable recurrir a empresas extranjeras. Por esta razón, se intenta dar un impulso a estas áreas considerándolas un ámbito de actuación prioritaria del programa.

Por otro lado, cabe destacar que existen grupos de investigación aplicada de calidad no sólo en los OPIS y universidades sino en el sector privado. La colaboración estrecha entre ambos sectores ha permitido resolver problemas que las empresas no habían abordado anteriormente, generando habilidades que pueden usarse en futuros proyectos. El desarrollo de las tecnologías asociadas a estos proyectos punteros ha supuesto un gran esfuerzo innovador. El sector privado ha visto, de esta manera, incrementada la competitividad empresarial al aumentar su capacidad tecnológica.

Finalmente, la Astronomía española tiene la posibilidad de involucrarse en nuevos proyectos científicos de gran envergadura, como el telescopio supergigante europeo, que implicarían desarrollos tecnológicos de primer orden, en los que, para asegurar los retornos tecnológicos, la comunidad astronómica y las empresas españolas tienen que participar desde el principio.

2.3 Criterios sectoriales

Las actividades de investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica (I+D+I) constituyen, sin lugar a dudas, un motor de impulso y desarrollo para el entorno social, cultural, productivo y económico en el que se llevan a cabo. La Astronomía, si bien podría clasificarse como ciencia básica, demuestra tener un significativo impacto, de manera directa e indirecta, en multitud de sectores, especialmente el empresarial.

Hacer Astronomía de vanguardia implica, casi de forma necesaria, tener capacidad para generar instrumentación innovadora. Muchos de los desarrollos tecnológicos que se precisan para abordar con éxito proyectos de instrumentación astronómica, se encuentran en el límite de la técnica actual y precisan de un conocimiento puntero y la aplicación de los últimos avances en materias tan diversas como los detectores de última generación, sistemas electromecánicos, criogenia, óptica, óptica activa y adaptativa, materiales especiales, recubrimientos ópticos, electrónica de control, software de última generación, tratamiento de imágenes, bases de datos, etc. Contar con empresas que dominen estas tecnologías punta, así como con personal altamente especializado que pueda dar respuesta a las necesidades tecnológicas planteadas, representa un pilar imprescindible para garantizar una instrumentación astronómica avanzada en España.

Por otro lado, como ya se ha indicado, la Astronomía es, además, una actividad científica de marcado carácter internacional, cada vez más asociada a grandes colaboraciones supranacionales y globalizadoras.

Por los propios intereses científicos y tecnológicos que se persiguen, por la internacionalidad de los agentes involucrados, y por las fuertes dependencias con el entorno social y económico en el que se desarrolla esta actividad, se pueden destacar los siguientes sectores claramente implicados, y con los que puede establecerse un beneficio mutuo:

- Productivo y Económico. Desarrollo de empresas de base tecnológica. Demanda de tecnología.
- Científico y Tecnológico; transferencia tecnológica.
- Formación y empleo; especializado y no especializado.
- Desarrollo sostenible, medio ambiente y utilización de recursos naturales.
- Cooperación internacional y políticas gubernamentales a través de la globalización de la ciencia. Política científica y tecnológica.
- Comunicaciones.
- Entorno socio-cultural.
- Turismo científico.

Por todos estos motivos, durante los últimos años se ha realizado un gran esfuerzo en desarrollar la Astronomía en España, esfuerzo que se ha concretado en el último programa nacional.

2.4 Criterios de interés público

La Astronomía es un claro motor de impulso tecnológico. Los proyectos astronómicos relacionados con el desarrollo de nuevos telescopios y su instrumentación asociada tanto en tierra como en plataformas espaciales están movilizando a la industria española, forzándola a avanzar en el plano tecnológico y llevándola a competir con la industria extranjera que lleva más tiempo sirviendo al sector. Esta interacción entre Astronomía y empresa tecnológicamente avanzada se irá intensificando en el futuro al compás del desarrollo en infraestructura astronómica que se está produciendo en España y de la participación cada vez más intensa de astrónomos españoles en proyectos internacionales de gran envergadura (telescopios en plataformas espaciales, ALMA, grandes telescopios). En definitiva, la experiencia en el campo de la Astronomía es un buen ejemplo de hacia dónde se debe ir en la interrelación Ciencia-Tecnología-Empresa.

La Astronomía destaca por su gran repercusión social. En muchos países de gran tradición científica, la Astronomía continúa siendo el tema estrella en el campo de la divulgación científica. Nuestro país no es una excepción en este sentido. A través de los medios de comunicación, publicación de libros y revistas de divulgación científica, ciclos de conferencias en centros culturales, planetarios, museos de la

ciencia y a través de seminarios y conferencias impartidos en colegios e institutos de enseñanza secundaria, el gran público, y especialmente el más joven, toma contacto con esta disciplina y acaba interesándose en la investigación científica que se realiza en muchos otros campos.

Estudios estadísticos elaborados, tanto en España como en el extranjero, en relación con los programas de seguimiento de la Calidad en la Enseñanza Universitaria muestran que en torno a un 80% de los alumnos que se matriculan en primer curso de Física lo hacen atraídos por la Astronomía y la Meteorología. Parte de ellos, a medida que avanzan en la carrera y amplían sus conocimientos en otros campos de la Física, acaban derivando hacia otras disciplinas. Tanto es así que, por ejemplo, en el Reino Unido se ha incorporado la enseñanza de la Astronomía en muchas facultades de Física donde no se impartía antes con el fin de atraer a nuevos estudiantes.

Despertar el interés de los españoles hacia la ciencia a través de la divulgación científica en general y de forma específica de la divulgación de la labor investigadora realizada en nuestro país es uno de los objetivos del Plan Nacional de I+D+I. La Astronomía debe jugar, de forma natural, un papel destacado en este contexto.

3 Estructura y objetivos del programa

De acuerdo con los ámbitos de actuación, las prioridades temáticas que este programa considera fundamentales son las siguientes (no enumerados por orden de prioridad):

- 1) Investigación básica en Astronomía y Astrofísica.
- 2) Diseño y desarrollo de instrumentación astronómica.
- 3) Explotación científico-tecnológica de los recursos astronómicos.
- 4) Investigación y desarrollo de tecnologías implicadas en Astronomía.

Investigación básica en Astronomía y Astrofísica

El conocimiento del Universo constituye un impulso básico y esencial para la especie humana, y así es reconocido por todas las políticas de I+D de los países más desarrollados. Lograr ese conocimiento pasa por la realización de investigaciones tanto teóricas como observacionales que van desde el estudio del Sol, origen y composición del Sistema Solar, búsqueda de exoplanetas y vida extraterrestre, nacimiento, evolución y muerte de las estrellas, medio interestelar, formación, evolución y estructura de las galaxias, núcleos activos de galaxias, hasta el estudio de las primeras etapas de evolución del Universo, todo ello encaminado a entender de una forma global su naturaleza y las leyes físicas que lo rigen.

La modelización teórica y comprensión de los fenómenos naturales observados, no sólo constituye una herramienta básica para la correcta interpretación de las observaciones astronómicas sino que es, en última instancia, la finalidad de la investigación en Astronomía. Así, espoleada por los descubrimientos observacionales que pueden producirse inesperadamente, la teoría marca las tendencias a seguir en esta investigación con los únicos límites que impone la instrumentación observacional del momento y forzando la superación de los mismos. Conviene pues seguir manteniendo el equilibrio entre teoría y observación.

La astrofísica computacional está a mitad de camino entre la teoría y la observación y juega un papel muy importante en la investigación astronómica al suplir, en muchos casos, la experimentación en el laboratorio tan necesaria en toda disciplina científica. Convendría pues potenciar esta rama emergente de la Astronomía a base de ofrecer unos medios de cálculo competitivos que no limiten la investigación de los grupos que ya trabajan en este campo.

En su vertiente observacional, la investigación astronómica de hoy día no se concibe sin que se exploren todas las ventanas posibles del espectro electromagnético (desde rayos gamma, rayos X, ultravioleta, visible, infrarrojo hasta radio). Asimismo, la investigación en su vertiente teórica reclama, cada vez con mayor intensidad, observaciones a diferentes longitudes de onda como base para el desarrollo y la comprobación más precisa de las teorías. Es por ello importante para este programa que además de seguir potenciando a aquellos grupos competitivos en el panorama internacional especializados en parcelas teóricas u observacionales en una determinada longitud de onda, se potencie también la consolidación de aquellos grupos competitivos que incorporen en sus equipos de trabajo a investigadores que provengan de diferentes campos de especialización (teóricos y especialistas observacionales en diferentes longitudes de onda), aumentando su capacidad de abordar conjuntamente con mayor profundidad determinados problemas astronómicos.

Como consecuencia del gran volumen de datos que se genera con las múltiples observaciones de hoy en día y de la organización de los mismos, cada vez más habitual, en los llamados observatorios virtuales, es también muy importante la potenciación por parte de este programa de líneas de investigación especializadas en el desarrollo de algoritmos matemáticos de tratamiento de datos, de compresión y transferencia de la información y cálculo numérico a través, por ejemplo, de la promoción e incorporación a extensas redes temáticas, como la red IRIS-GRID.

Diseño y desarrollo de instrumentación astronómica

La investigación básica en Astronomía, además de su indudable interés cultural, ha sido y sigue siendo motor fundamental para el desarrollo de la tecnología más avanzada que ha tenido en muchas ocasiones aplicaciones directas en el bienestar de nuestra sociedad. La investigación básica en Astronomía demanda y genera tecnología en la frontera del saber hacer y, permanentemente, está poniendo retos muy estimulantes a todas las ciencias y a la filosofía. Su interdisciplinariedad es un valor añadido contrastado, y su repercusión en el desarrollo tecnológico e industrial resulta evidente.

La Astronomía en España ha experimentado un desarrollo espectacular en los últimos veinte años, con grupos en la vanguardia internacional. Sin embargo, existe un desequilibrio específico de la investigación astronómica en España con relación a los países más desarrollados de nuestro entorno, y éste es que, aunque la comunidad astronómica española ha sabido explotar muy bien los medios instrumentales puestos a su alcance por otros países, tanto en territorio nacional como en el extranjero, no se encuentra todavía en el nivel adecuado para diseñar y desarrollar instrumentos competitivos propios para poder estar en la primera línea real de investigación del conocimiento científico y tecnológico mundial. Además, la participación en el diseño y desarrollo de proyectos de instrumentación invariablemente garantiza una óptima utilización de la misma y por tanto incrementa notablemente la explotación de dichos recursos una vez éstos están consolidados.

Es por ello que el programa debe potenciar aquellos proyectos de instrumentación que conlleven diseños y desarrollos tecnológicos competitivos en centros públicos de I+D y/o conjuntamente con industrias, tanto en el ámbito internacional como en el nacional y en el de las Comunidades Autónomas. Estos proyectos de diseño y desarrollo tecnológico deberán reforzar la colaboración entre diversos Programas del Plan Nacional y de las Comunidades Autónomas. Dentro de este programa se deberá potenciar también la formación de "astrónomos-instrumentalistas" y de ingenieros en centros vanguardistas en instrumentación astronómica.

Explotación científico-tecnológica de los recursos astronómicos

España dispone actualmente de un gran potencial observacional. Asimismo, España participa en muchas de las misiones de la Agencia Europea del Espacio (ESA), incluidas en el Programa Científico de

la ESA aprobado en Mayo de 2002 (Cosmic Vision 2020 Planning), y se ha incorporado al proyecto internacional ALMA. Además, los grupos de investigación españoles poseen también una alta competitividad para acceder a grandes instalaciones (extranjeras o supranacionales, situadas fuera de territorio español) en régimen competitivo.

Para el programa es también prioritario garantizar la eficiencia científico-técnica de aquellas grandes instalaciones situadas en territorio español que resulten ser competitivas en el panorama internacional, asegurando una estrategia adecuada para la actualización de los acuerdos internacionales, para que puedan dar buen servicio a la comunidad astronómica. Esto se realizará asegurando: a) su óptimo rendimiento científico-técnico; y b) el acceso a las instalaciones en igualdad competitiva para todos los grupos.

Por otro lado, es fundamental desarrollar una política activa para atraer a los observatorios españoles nuevas instalaciones astronómicas de primer rango que los mantenga en el alto nivel internacional que tienen en la actualidad.

Investigación y desarrollo de tecnologías implicadas en Astronomía

Está bien establecido cómo el desarrollo y construcción de instrumentación científica es un vehículo muy eficiente de transferencia de tecnología y de innovación a la que este programa debe contribuir. En este sentido, la Astronomía española tiene excelentes precedentes de colaboración y transferencia de tecnología con las empresas españolas en la fabricación de instrumentación astronómica para el espacio y para los telescopios en tierra. Es de evidente importancia estratégica poner a su alcance los medios para que este ensamblaje entre grupos científicos públicos y grupos tecnológicos privados se consolide como actividad habitual en nuestro sistema de ciencia-tecnología-empresa. Esta faceta de la Astronomía tiene un interés destacable no sólo por lo que supone en sí, sino también por el efecto sinérgico que puede inducir en otras ramas de la ciencia y tecnología.

Es por ello que el programa potenciará tanto la investigación en otras áreas interdisciplinares emergentes (p.ej., Astrobiología, Astrofísica Nuclear, Física de Astropartículas, Cosmoquímica, etc.), como la investigación y desarrollo de tecnologías implicadas en Astronomía y Astrofísica, con especial énfasis en: mecánica de precisión, materiales ópticos de alto rendimiento, detectores de gran resolución, astrofísica computacional, control y tele-operación de telescopios, amplificadores de estado sólido en alta frecuencia, y comunicaciones a muy alta velocidad. Se trataría así de, previo estudio de necesidades y capacidades, fomentar el fortalecimiento del conocimiento tecnológico en ciertas disciplinas en las que España y su tejido industrial podrían ocupar, a medio plazo, un lugar preferente en el panorama internacional.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

La Astronomía necesita para su desarrollo la utilización de infraestructuras cada vez más sofisticadas y complejas. Es, desde este punto de vista, una Gran Ciencia. Por otra parte, como ya se ha mencionado, la participación en el diseño y desarrollo de proyectos de instrumentación incrementa notablemente la posibilidad de obtener resultados científicos punteros. Otro aspecto importante de la investigación astronómica está en la realización de cálculos numéricos sofisticados y simulaciones, para lo que son necesarios procesadores de gran capacidad, así como enlaces de gran ancho de banda.

La Astronomía basa su desarrollo tanto en instituciones de tamaño medio (departamentos universitarios e institutos mixtos) como en centros de tamaño grande. Si bien la investigación básica se realiza

indistintamente en centros medios y grandes, los centros de tamaño grande tienen a su vez asociada la responsabilidad de mantener instalaciones de uso común, tales como observatorios astronómicos. Estos centros de mayor tamaño son, por otra parte, los mejor situados para llevar a cabo programas de desarrollo de instrumentación científica, si bien hay departamentos universitarios que han desarrollado y desarrollan un excelente papel en la construcción de instrumentación científica avanzada.

Por otro lado, los observatorios en suelo español constituyen una referencia internacional que requiere una atención especial. En este sentido, si el Plan Nacional, en su conjunto, procurara los recursos necesarios para que estas instalaciones se mantengan competitivas y puedan prestar un servicio altamente cualificado y profesionalmente impecable, el programa, por su parte, podría prestar el apoyo necesario tanto para la evaluación como para el seguimiento de estas actividades.

Los tipos de infraestructuras que utiliza la Astronomía son:

- Telescopios e instrumentación científica avanzada tanto en tierra como a bordo de satélites espaciales.
- Superordenadores y redes de comunicación de gran ancho de banda.

Es planteamiento del programa nacional, de acuerdo con lo expuesto anteriormente:

- Mantener el nivel de excelencia alcanzado por los observatorios existentes en suelo español para que sirvan de referentes internacionales.
- Atender las necesidades de los centros que están a cargo del mantenimiento y operación de estos observatorios.
- Atender las necesidades de renovación y puesta al día de la instrumentación científica (potenciándose la utilización de Proyectos Integrados).
- Establecer convocatorias específicas para mejoras de la infraestructura de los centros.
- Incentivar la participación de los centros medios y pequeños en la construcción de instrumentación científica tanto en tierra como espacial.
- Estar presente desde las etapas iniciales en los grandes proyectos internacionales (ALMA, Futuros Telescopios Supergigantes, JWST a través de ESA, etc.), con especial énfasis en aquellos que podrían instalarse en nuestro territorio o en los que la participación española pudiera ser especialmente relevante.
- Facilitar el acceso de la comunidad española a observatorios internacionales o centros de computación avanzados en régimen de concesión de tiempo.
- Hacer un gran esfuerzo por poner a disposición de la comunidad medios computacionales de altas prestaciones dedicados a la Astronomía.
- Fomentar la sinergia entre centros para no duplicar esfuerzos o inversiones costosas.
- Fomentar la creación de redes temáticas intercentros para colaborar en proyectos científico-instrumentales, aportando cada centro sus infraestructuras y conocimientos específicos.
- Facilitar y agilizar las actuaciones burocráticas intentando incentivar la participación de los investigadores y las empresas en proyectos científicos instrumentales.

Hay que hacer notar que estas actuaciones son especialmente sensibles a la participación de empresas de tecnología avanzada. A través de la Astronomía muchas empresas españolas consiguen introducirse en grandes proyectos internacionales.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

5.1 Recursos humanos

Uno de los objetivos fundamentales del programa es lograr un incremento de los recursos humanos, ya que su escasez es uno de los problemas fundamentales de la Astronomía y Astrofísica en España. En el momento actual, resulta imprescindible incorporar personal preparado y muy competitivo formado en los últimos años.

La comunidad astronómica española se ha ganado un lugar muy respetable en el entorno internacional. Es importante no sólo mantener ese lugar sino mejorarlo. La Astronomía española, como otras ramas de la ciencia, adolece de una grave falta de recursos humanos, comparado con la media de los países de nuestro entorno. Este hecho contrasta, sin embargo, con el gran número de proyectos en los que la comunidad astronómica española está involucrada, muchos de ellos en colaboraciones internacionales.

Se necesita masa crítica para abordar con ventaja el momento crucial de la Astronomía internacional en los próximos años dado que a comienzos de 2002, el número de astrónomos por millón de habitantes en España (11,8) era muy inferior al de Francia (16,1), Alemania (17,1) y menos de la mitad que en el Reino Unido (24,5). Asimismo, es de destacar que al ritmo de crecimiento actual, el envejecimiento de la plantilla es imparable, lo que hace imprescindible incorporar "savia nueva" en el tejido investigador.

En el marco del programa se deberá llevar a cabo una política decidida de impulso de la dotación de puestos fijos de investigador, así como de la ampliación de los programas posdoctorales y de formación de personal investigador.

El Programa Nacional debe atender a la dotación de un número de plazas razonable en los próximos años, que posibiliten rentabilizar las inversiones realizadas en Astronomía en los últimos años. Para esto es imprescindible mantener un crecimiento ordenado del número de puestos, incidiendo positivamente en la incorporación de los astrónomos y tecnólogos mejor preparados.

El Plan Nacional establecería una política eficaz de recursos humanos que incida en la solución de los problemas y áreas de dificultad antes mencionadas. Para ello, y específicamente como apoyo a este programa, sería conveniente:

- Dotar de nuevas plazas de investigadores cuidadosamente distribuidas por centros y en el tiempo de modo que el crecimiento sea equilibrado y estable.
- Mantener y aumentar los programas de contratos posdoctorales, abiertos no solo a la comunidad nacional sino a la comunidad internacional. Ésta es la mejor herramienta para mantener la internacionalización de la Astronomía desde la base.
- Establecer un programa de carrera investigadora (Tenure track) que permita un acceso ordenado a las plazas fijas con garantías suficientes después de unos años de contratación posdoctoral y estancias en el extranjero.
- Implementar o mantener un programa de becas de doctorado que mantenga un flujo constante de nuevas vocaciones. Incidir especialmente en la captación por méritos académicos.
- Discriminar positivamente en la formación y contratación de astrónomos instrumentalistas.
- Facilitar el paso a la industria de doctores y tecnólogos mejorando el capital humano disponible para la investigación en las empresas.

En el ámbito de las Comunidades Autónomas, éstas pueden constituirse en un apoyo esencial en lo que a política de recursos humanos se refiere, coordinando y complementando sus convocatorias con las de los Programas Nacionales.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

La Astrofísica por su carácter observacional e involucración en grandes proyectos tecnológicos tiene una clara componente de estímulo empresarial. Muchas de las tecnologías desarrolladas para la astronomía se han utilizado en otras áreas más aplicadas y comerciales. Puede mencionarse, por ejemplo, el uso de los métodos astrofísicos de tratamiento de imágenes para la detección precoz de cáncer de mama mediante el análisis de imágenes de rayos-X.

La formación de doctores en Astronomía conlleva habitualmente una fuerte preparación no solo en capacidad para resolver los más diversos problemas, sino que, más específicamente, es consustancial con la formación en cálculo numérico y simulación, con el tratamiento estadístico de datos, con el manejo de imágenes de gran tamaño, con el uso de instrumentos y telescopios, a menudo incluyendo la participación en diseño y construcción de instrumentos con fuertes componentes de óptica, electrónica, mecánica, programación, y gestión de proyectos. Todo esto contribuye por tanto a la formación completa de profesionales que pueden ser muy útiles no solo en Astronomía sino en muchas y muy diversas áreas de la actividad empresarial.

El programa, reconociendo el valor de la Astronomía para contribuir a la formación de expertos en tecnologías avanzadas, así como a la producción en colaboración con la industria de instrumentación de alta tecnología, debería potenciar prioritariamente:

- La formación de astrónomos con componente instrumentalista, lo que facilitará la absorción de personal altamente cualificado por empresas tecnológicas.
- La involucración de la Astronomía en proyectos instrumentales, lo que asimismo contribuirá a la formación de científicos e ingenieros en tecnologías avanzadas que podrán desarrollar otras actividades, facilitando desarrollos tecnológicos en la empresa y la creación de pequeñas empresas de alta tecnología.

5.3 Cooperación Internacional

Uno de los objetivos que el programa considera fundamental es lograr un mayor apoyo a la internacionalización de la Astronomía y Astrofísica española. La apuesta por la Astronomía en España es necesaria y segura, tanto desde el punto de vista de la investigación básica, como por ser motor importante de desarrollo tecnológico. Así, el hecho de que España se haya involucrado en diversos proyectos tecnológicos de vanguardia (como el ALMA, el GTC, el radiotelescopio de 40 m, y múltiples misiones espaciales) ha fomentado ya la participación de las industrias españolas en los mismos, en estrecha colaboración con nuestros grupos científicos, estimulándose así la creación de un tejido industrial y tecnológico competitivo.

No obstante, esa apuesta debe ir acompañada por la entrada de España en ESO, de forma que se garantice el apoyo a la internacionalización de esta disciplina y el retorno industrial de los grandes avances tecnológicos que conlleva.

ESO es sin duda el organismo europeo de astronomía desde tierra por excelencia. El interés de España no está sólo en tener acceso a buenos telescopios en el Hemisferio Sur, sino en participar activamente en los desarrollos tecnológicos asociados a los grandes proyectos (y también medianos) que se están llevando a cabo en ESO, así como en el proceso de pruebas de instrumentación. Tal y como se ha explicitado, España es, hoy por hoy, el único país de nuestro entorno europeo no integrado en ESO y que no participa, por tanto, de la tecnología que allí se desarrolla. Sirva como ejemplo de la necesidad de participación de España, el desarrollo en estos momentos de tres grandes proyectos: (1) VLTi, un interferómetro formado por un conjunto de cuatro telescopios de 8 metros de diámetro, y varios teles-

copios auxiliares más pequeños, que trabajarán coherentemente en el óptico e infrarrojo y que será el telescopio óptico-infrarrojo más grande del mundo. Se está ya construyendo y entrará en pleno funcionamiento en el año 2006. (2) ALMA, constituido por una red de 64 radiotelescopios de 12 metros de diámetro. Es considerado por la comunidad internacional como el proyecto observacional más vanguardista, que más expectativas ha despertado en materia científica y tecnológica, y con la mayor colaboración internacional jamás llevada a cabo en materia astronómica (participan 23 instituciones de 13 países, incluida España). Se encuentra en la fase de diseño y desarrollo y está previsto que entre en funcionamiento en el 2010. (3) Para el futuro telescopio gigante europeo (ELT), se está en la fase de diseño conceptual del denominado "Overwhelmingly Large" (OWL) telescope, un telescopio óptico-infrarrojo de 100 metros de diámetro.

Es claro que la entrada de España en ESO aceleraría la consecución del objetivo prioritario del programa "Diseño y realización de instrumentación astronómica" reseñado anteriormente, reduciendo con ello el desequilibrio específico que la comunidad española tiene en estos momentos en materia de instrumentación, aprovechando la gran experiencia instrumental de esa organización. Es claro también que la integración de España en ESO aportaría más garantías, más retornos industriales (al disponer de una mayor preparación) y una unidad de actuación en el ámbito europeo en materia astronómica. Permitiría además el acceso a contratos industriales en las fases de desarrollo de la instrumentación vanguardista asociada a ESO, con el consiguiente posicionamiento de nuestras industrias para las siguientes fases de construcción y operación.

España posee en estos momentos una comunidad astronómica pujante que garantiza un aprovechamiento óptimo de su entrada en ESO: una explotación eficaz de sus instalaciones, una participación activa en proyectos de desarrollo instrumental y tecnológico y una colaboración enriquecedora en proyectos científicos. Por otra parte, España puede aportar a ESO un parque de telescopios en el hemisferio norte, en especial el único segmentado europeo, que puede servir como banco de pruebas para los futuros grandes telescopios. Además, hay que resaltar que España dispone en Canarias de observatorios internacionales con infraestructuras muy completas, que tienen protegida su calidad astronómica mediante una ley específica, y con unas condiciones extraordinarias para la observación astronómica, por lo que son un excelente candidato para el emplazamiento del futuro telescopio supergigante europeo. La entrada de España en ESO, además de los beneficios apuntados anteriormente para la comunidad astronómica española, podría facilitar en gran medida la viabilidad de este proyecto para el conjunto de la comunidad astronómica europea.

Es por todo ello que el programa debe potenciar todas aquellas actividades científico-tecnológicas encaminadas a impulsar que España se incorpore a ESO a lo largo de este Plan Nacional.

Para lograrlo, se deben realizar una serie de actividades preparatorias de cara a obtener retornos, tanto científicos como tecnológicos, inmediatos. Para ello es importante:

- Fomentar las capacidades de los centros españoles para la construcción de instrumentación científica en colaboración con la industria.
- Asegurar la explotación de GTC desde su inicio con propuestas de gran calidad.
- Asegurar la operación del GTC desde su inicio con profesionalidad.
- Incentivar la involucración de centros y empresas españolas en desarrollos tanto científicos como instrumentales para ALMA.

Además de la incorporación en el ESO, es importante mantener y fomentar la internacionalización de la Astronomía española para lo cual se pretende,:

- Procurar que los centros españoles a cargo de observatorios y/o de otros medios utilizados nacional o internacionalmente se mantengan competitivos y puedan disponer de los medios necesarios para ofrecer el mejor servicio.

- Incentivar la participación de científicos españoles en redes y programas europeos.
- Promover la existencia de un programa de acciones básicas, sencillo y específico, para la cooperación tanto entre centros de las diversas comunidades como a escala internacional para individuos o grupos pequeños de investigadores. Estas acciones podrían servir también para preparación de proyectos internacionales en los que científicos españoles actúen como líderes.
- Incentivar la realización de congresos y conferencias internacionales en España. Fomentar la presencia de investigadores españoles como invitados en conferencias internacionales, como miembros de consejos editoriales de las revistas más prestigiosas, como miembros de comités relevantes; etc.

Resulta también importante potenciar la plena integración en redes europeas dedicadas a Astronomía y Astrofísica (p.ej., Optical Infrared Coordination Network for Astronomy [OPTICON], red de radio observatorios, RADIO-NET), lo cual facilitará la integración futura del Programa Nacional en la red European Research Area [ERA-NET].

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

La Astronomía, por su atractivo popular, es ideal para desarrollar proyectos de divulgación científica con la doble finalidad de educar a la sociedad en la cultura científica y de inducir a los jóvenes el gusto por las ciencias físicas, matemáticas, químicas y naturales en general desde temprana edad. Con este fin se pueden contemplar las siguientes actuaciones:

- Favorecer con fondos adicionales especialmente marcados para divulgación a aquellos proyectos que dediquen un cierto esfuerzo a la divulgación científica.
- Dotar con cantidades adicionales a los fondos para la realización de congresos científicos en los que se programen charlas públicas de divulgación.
- Fomentar la programación de cursos de especialización en enseñanza de la Astronomía para el profesorado de enseñanza primaria y secundaria, ciclos de conferencias destinadas al profesorado, etc.
- Incentivar la producción de contenidos de Internet para la divulgación y enseñanza de la Astronomía.
- Incentivar la producción de libros de texto y libros de divulgación científica.
- Incentivar a los centros que dediquen esfuerzos a la divulgación científica.
- Incentivar la edición de revistas o páginas de Internet encaminadas a la divulgación de las actividades de los centros o departamentos.

6 Relación con otros programas nacionales

La Astronomía y la Astrofísica tiene relaciones temáticas con la Física tanto teórica como aplicada, con la Química, con las Matemáticas y con la Ingeniería.

La posibilidad de acceder a instrumentos situados en el espacio ha abierto nuevas posibilidades a la Astronomía que encuentra así la posibilidad de explorar el Universo en todo el intervalo del espectro electromagnético. En particular la existencia de telescopios en órbita abiertos a la comunidad astronómica (HST, SOHO, etc.) o en proyecto (JWST) junto con los nuevos desarrollos en interferometría, infrarrojo y VLBI, abren una amplia perspectiva para el desarrollo de la Astronomía. La relación con el Programa Nacional de Espacio (PNE) es por tanto muy estrecha. Dentro del PNE hay dos áreas

fundamentales, Astronomía y Sistema Solar, cuyos objetivos finales se solapan con los perseguidos desde el PNAYA, aunque su metodología y formas de ejecución marcan importantes diferencias. En este sentido, la sinergia entre el PNE y el PNAYA es muy grande y se puede dar el caso de que un mismo grupo, para alcanzar sus objetivos finales pueda estar incluido durante una fase del proyecto dentro del PNE y pasar al PNAYA en una fase posterior, la delimitación de ambos programas puede no ser evidente en muchos casos.

De especial relevancia es también la simbiosis entre la Física de Partículas, o de Altas Energías, y la Astronomía y Astrofísica. La era de la formación del Universo ofrece escenarios en los que probar las teorías gran unificadas. A ello puede contribuir el nuevo y más potente acelerador jamás construido, LHC. Por otra parte, las teorías de cuerdas ofrecen escenarios en los que las constantes de la naturaleza podrían haber variado, como se ha observado en líneas espectrales de cuásares, desde los orígenes del Universo hasta adoptar el valor actual en un proceso de optimización de las constantes fundamentales. La física del neutrino encuentra, asimismo, soporte en la observación de neutrinos provenientes de diversos escenarios astrofísicos, ya sean remanentes de los procesos inflacionarios que fueron seguidos por la formación de los elementos primigenios, en la explosión de hipernovas y supernovas tipo I, o neutrinos provenientes del Sol. En todo caso, la física de neutrinos es fundamental para conocer el número de partículas fundamentales, y puede tener especial relevancia en el balance de masas del Universo.

Por ello, es de especial interés fomentar programas de intercambio y mutua colaboración entre expertos en Física de Partículas y en Astronomía. En particular este programa fomentará:

- Programas de intercambio de investigadores y tecnólogos entre grupos de trabajo de Física de Partículas y Astronomía. Intercambios al nivel posdoctoral o superior con la idea de intercambiar tanto conocimientos teóricos como técnicas de observación y experimentación encaminadas a restringir las teorías físicas fundamentales.
- Desde el punto de vista programático, la Astronomía y la Física de Partículas comparten el hecho de utilizar grandes recursos e infraestructuras. Este hecho conlleva la implementación de programas de acceso a estas infraestructuras, así como la necesidad de mantener y mejorar las mismas, mediante la construcción de instrumentación científica avanzada.
- Ambas disciplinas pueden beneficiarse de la colaboración entre empresas de alta tecnología y los centros de investigación. El programa debe promover normativas ágiles, si bien auditables, de contratación y relación con empresas.

Existe una simbiosis similar entre el PNAYA y el PNE, como se ha indicado antes. En efecto, aún con distinta metodología, la realización de instrumentación astrofísica susceptible de ser embarcada en vehículos espaciales, guarda una estrecha relación con el desarrollo de instrumentación para telescopios en tierra, y ello sin tener en cuenta que la ciencia motor de estas actividades es la misma. En este sentido, es importante enfatizar la coordinación de actividades relacionadas con el PNE. Por otro lado, es necesario resaltar la existencia en España de una estación de la ESA que ha aportado unos claros beneficios a la comunidad astronómica nacional. En la actualidad, la ESA se encuentra analizando su estrategia de archivo de datos de misiones astronómicas, planteándose la posibilidad de establecer un Centro de Archivos, bien en la propia estación de la ESA o en su entorno. Es claro que dicho Centro tiene un gran valor para la Astronomía, por lo que desde el PNAYA se debe apoyar al PNE para colaborar con la ESA y establecer en España el Centro de Archivos de las misiones científicas de dicha Agencia.

Por último, se plantea la apertura parcial del programa a la comunidad europea. Esta apertura debería ser gradual, y deberían darse una serie de condiciones previas: i) reciprocidad; ii) igualdad de condiciones para permitir una competencia real (el PNAYA debe hacer un esfuerzo previo de equiparación: acceso a las grandes instalaciones europeas como ESO, creación de una estructura nacional similar a la europea, etc.). Se considera que en una primera etapa debe promocionarse la creación de redes,

en las que cada país sufrague su nodo a través de programas propios, todo ello coordinado con las directrices del Programa Marco FP6 de la Comunidad Europea.

Así, podrían implementarse acciones en varios niveles:

- 1) Identificación de los países que dispongan de programas equivalentes.
- 2) Incrementar el conocimiento mutuo a través de intercambio de información entre los gestores de los programas de los distintos países.
- 3) Estimular la cooperación entre proyectos en los distintos países, es decir, financiar los costes extraordinarios ocasionados por la organización de los intercambios de experiencias y la coordinación entre proyectos financiados independientemente en cada país.

Programa Nacional de Física de partículas

1 Ámbito del programa nacional

El Programa Nacional de Física de Partículas (PNFPA) es la continuación natural del Programa Nacional de Física de Partículas y Grandes Aceleradores (Plan Nacional 2000-2003), campo considerado, desde 1983, prioritario en España al igual que en los países científicamente más avanzados. Las áreas de conocimiento que engloba gravitan alrededor de los programas de investigación de las grandes instalaciones experimentales, preferentemente europeas, entre las que destaca el CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas, Ginebra, Suiza). Genéricamente se puede dividir el campo de actividad, que debe ser consolidado y potenciado, en cuatro líneas fundamentales:

1. Física de Partículas con aceleradores.
2. Física de Astropartículas.
3. Física nuclear con aceleradores.
4. Desarrollos específicos en tecnologías e instrumentación para futuros experimentos y aceleradores.

Hasta ahora el mayor esfuerzo científico español en el campo de la Física de Partículas se ha realizado a través de la participación de grupos de investigación en el programa científico del CERN; diseñando, construyendo y manteniendo dispositivos experimentales, procesando y analizando los datos experimentales, publicando y presentando los resultados obtenidos, formando investigadores y tecnólogos. En esa línea uno de los grandes desafíos en los próximos años es rentabilizar el esfuerzo realizado en la construcción del programa experimental del gran acelerador de protones e iones pesados, LHC (Large Hadron Collider), potenciando la participación en los distintos experimentos en los que España ha comprometido su contribución desde la fase inicial: ATLAS, CMS y LHCb. Además, la participación de grupos de investigación podría extenderse a experimentos del máximo interés que se realizan (o están en vías de realizarse) en los grandes laboratorios internacionales DESY (Hamburgo), FNAL (Batavia), SLAC (Stanford), KEK (Tsukuba-shi).

La Física de Astropartículas es un campo científico de gran actividad y ampliamente apoyado por este programa. Hay actividades consolidadas y con gran tradición en el Laboratorio Subterráneo de Canfranc (estudio de neutrinos y materia oscura) y en las instalaciones del Instituto de Astrofísica de Canarias en el Roque de los Muchachos (experimentos HEGRA y MAGIC para el estudio de la radiación gamma). Se participa activamente en la construcción de un telescopio de neutrinos en una fosa del Mediterráneo (ANTARES), de un gigantesco detector de rayos cósmicos en el hemisferio sur (AUGER) y de un espectrómetro para el estudio de la radiación cósmica en la Estación Espacial Internacional (AMS). Más recientemente se ha iniciado una colaboración en el programa de neutrinos del laboratorio KEK (K2K) y otra relacionada con la línea de neutrinos del CERN al laboratorio italiano del Gran Sasso (ICARUS), que cuenta con una financiación española importante. En este sector de la investigación el crecimiento de la actividad es espectacular y las oportunidades muy variadas y atractivas.

La Física Nuclear con aceleradores debe consolidar la participación en los programas experimentales del CERN (facilidades ISOLDE, REX-ISOLDE y NTOF) y de otros laboratorios (GANIL, ILL, LURE, GSI) y tal vez en el programa de iones pesados del LHC del CERN.

Finalmente, en el ámbito de las Tecnologías e Instrumentación para proyectos en marcha, o con una perspectiva de futuro, destaca como prioritaria la participación en el proyecto de computación científica GRID para los experimentos en el LHC. No debería descuidarse el esfuerzo en el desarrollo de componentes para aceleradores (imanes, alimentaciones de corriente, etc.) que ha demostrado ser una herramienta muy eficaz para la obtención de importantes retornos industriales y de transferencia de tecnología.

En resumen, el ámbito temático de este programa incluye, en el marco general de la Física de Partículas, la fenomenología de partículas elementales, la verificación de la Teoría de la Materia (Modelo Estándar de Partículas e Interacciones) y la comprobación de sus posibles extensiones, las implicaciones astrofísicas y cosmológicas de las interacciones fundamentales, el estudio de las leyes que gobiernan la evolución del Universo desde el Big-Bang, la materia nuclear, los núcleos exóticos, el desarrollo específico de instrumentación para aceleradores y detectores y de tecnologías relacionadas con la transmisión, almacenamiento y procesado de grandes volúmenes de datos, etc.

2 Justificación de la priorización del programa

2.1 Criterios científicos

La Física de Partículas está considerada como una de las ramas punteras del conocimiento científico. Su objetivo es el estudio de los constituyentes últimos de la materia y de las fuerzas fundamentales a través de las cuales interactúan. La comprensión básica de estas cuestiones debe permitir también profundizar en el conocimiento de los mecanismos de evolución del Universo desde sus primeros instantes.

La investigación en Física de Partículas está estrechamente relacionada con el desarrollo de los aceleradores de partículas. Los avances en este campo están asociados con los espectaculares incrementos en la energía y luminosidad de estos instrumentos. Por ello, esta actividad se lleva a cabo en el marco de grandes colaboraciones internacionales que utilizan instalaciones complejas y de elevado coste.

Más del 50% de la actividad investigadora que se realiza en España en el campo de la Física de Partículas está estrechamente vinculada al programa experimental del CERN, y en menor medida con el de otros grandes laboratorios como DESY y FNAL. En particular, en el CERN se encuentra el mayor y más diverso conjunto de aceleradores del mundo. Allí están operativos los aceleradores ISOLDE (que puede acelerar iones radiactivos), el PS y el SPS. En el 2005, estará operativo el haz de neutrinos del CERN al laboratorio del Gran Sasso (Italia). Y en el 2007 se pondrá en marcha el colisionador protón-protón LHC.

Aunque la inversión en el CERN es cuantiosa (la contribución española asciende a un 7,2% de su presupuesto), los retornos a medio y largo plazo son enormemente importantes. España ha conseguido, en un limitado periodo de tiempo, alcanzar un notable prestigio internacional que permite a los grupos de investigación participar en un programa científico de primera línea, en las mejores colaboraciones internacionales y contribuir a los desarrollos tecnológicos que puedan generarse. El posicionamiento de la comunidad científica española, tan esforzadamente conseguido, es excelente. Parece lógico, a la vista de los resultados obtenidos, consolidar y promocionar este campo de la investigación que ha demostrado contribuir de manera significativa a una mejor formación de nuevos investigadores y tecnólogos de nivel internacional, con los beneficios consiguientes para el desarrollo de nuestro país. Hay que tener en cuenta, además, que la pertenencia al CERN permite a las empresas españolas tener acceso a contratos de importante contenido tecnológico y ampliar su capacidad y mercado.

El Programa prioriza las actividades de investigación en relación con la pertenencia al CERN, con la finalidad de optimizar los retornos científicos.

La investigación en Física de Partículas no siempre requiere, sin embargo, la utilización de aceleradores. Este es el caso de la Física de Astropartículas, que estudia las propiedades estáticas y dinámicas de partículas procedentes del espacio exterior. España participa activamente y con gran visibilidad en esta disciplina científica. En territorio español, hay experimentos de física de astropartículas en el Roque de los Muchachos y en el Laboratorio Subterráneo de Astropartículas de Canfranc.

2.2 Criterios tecnológicos

Si bien la Física de Partículas tiene como finalidad el progreso del conocimiento básico sobre los constituyentes de la materia, su avance está ligado al desarrollo de los aceleradores de partículas y al de otras tecnologías relacionadas con la detección de partículas. La realización de esta investigación propicia desarrollos tecnológicos en áreas punteras, con repercusión significativa en otras disciplinas científicas o en amplios sectores industriales. Aunque inicialmente concebidos para el estudio de la estructura fundamental de la materia, en la actualidad sólo un porcentaje pequeño (inferior al 1%) de los aceleradores en funcionamiento se utiliza para la investigación en Física de Partículas o en Física Nuclear. La gran mayoría se dedica a otros fines, siendo notoria su relevancia en el campo de la industria energética, la medicina (diagnóstico y terapia), en ciencias de materiales, medio ambiente, arqueometría, ciencias de la vida y en otros sectores científicos, tecnológicos e industriales. La reciente instalación en Sevilla y Madrid de pequeños aceleradores dedicados a aplicaciones puede ayudar a la formación de tecnólogos, al desarrollo de instrumentación y a la puesta en marcha de algunas de estas aplicaciones.

En ocasiones el impacto social de los desarrollos generados por esta disciplina es enorme, como es el caso de la invención del WWW, nacido en el CERN, y el desarrollo a escala industrial de imanes superconductores y tecnologías de sensores o el desarrollo de la terapia con haces de iones.

Otra línea de investigación necesaria para la realización de los experimentos de física de partículas, pero con un enorme potencial de aplicación en otros campos científicos, tecnológicos e industriales es el desarrollo de sistemas para la transmisión y tratamiento de grandes números de datos. La gran cantidad de información que se requiere analizar para obtener la precisión deseada en estos experimentos está propiciando desarrollos cualitativos trascendentales en el ámbito de la computación científica (proyectos GRID).

España tiene ciertamente un acusado déficit en los sectores tecnológicos más avanzados y su capacidad industrial es mejorable. De ahí la importancia de participar en proyectos que faciliten el acceso a los avances tecnológicos más recientes y la formación de jóvenes ingenieros en las técnicas más modernas y en un entorno de colaboración internacional altamente competitivo, para su posterior incorporación al tejido productivo español. En este sentido, el programa promueve una eficaz utilización de los programas de formación del CERN, ya que permiten un retorno positivo y una transferencia tecnológica visible.

2.3 Criterios sectoriales

La física de partículas no se concibe hoy sin grandes infraestructuras científicas, explotadas en el marco de gigantescas colaboraciones internacionales. Los objetivos científicos y tecnológicos que se persiguen, la internacionalidad de los agentes involucrados, y las fuertes dependencias con el entorno social y económico en el que se desarrolla esta actividad, implican claramente a los siguientes sectores:

- Productivo y Económico. Desarrollo de empresas de base tecnológica. Demanda de tecnología.
- Científico y Tecnológico; transferencia tecnológica.

- Sanitario; diagnóstico y radioprotección.
- Formación y empleo; especializado y no especializado.
- Comunicaciones.
- Cooperación internacional y políticas gubernamentales a través de la globalización de la ciencia. Política científica y tecnológica.

2.4 Criterios de interés público

Las numerosas aportaciones de la física de partículas al bienestar público han sido ya enumeradas: aplicaciones de las tecnologías de los aceleradores y detectores en Medicina, a través del desarrollo de técnicas de tratamiento y diagnóstico de tumores con aceleradores; avances en las comunicaciones (el web y el grid), etc. La interacción entre física de partículas y empresa tecnológicamente avanzada se irá intensificando en el futuro al ritmo del desarrollo de la disciplina y de la participación cada vez más intensa de físicos españoles en proyectos internacionales de gran envergadura (LHC, CDF, K2K, CNGS, GSI). Es de esperar que estas actividades contribuyan a la modernización de la industria española, introduciendo más tecnología avanzada y dotándola de mayor competitividad.

La comunidad de físicos de partículas siempre ha tenido un papel destacado en la difusión y divulgación científica destinada al público. Este es un objetivo del Plan Nacional de I+D+I que se contempla dentro del programa.

3 Estructura y objetivos del programa

La finalidad del programa es potenciar el estudio y desarrollo de la física asociada con los constituyentes elementales de la materia así como las interacciones fundamentales entre los mismos. Para ello se impulsará la participación de la comunidad científico-técnica española en actuaciones relacionadas con grandes instalaciones europeas (y de otros continentes) de partículas y de radiación, especialmente aquellas en las que participa nuestro país como socio institucional.

En tal sentido serán prioritarias las actuaciones que demuestren vinculación con los programas experimentales de los laboratorios del CERN, DESY, FNAL, SLAC, GSI, Gran Sasso, KEK, etc. A nivel nacional, se considerarán prioritarios los proyectos que utilicen las instalaciones de Canfranc y del Roque de los Muchachos.

Los objetivos científico-tecnológicos que el programa considera fundamentales para fijar la estrategia científica en el periodo 2004-2007 se estructuran en cinco prioridades temáticas:

1. Física de Partículas elementales.
 - a) Física experimental de partículas con aceleradores.
 - i. Física en colisionadores hadrónicos (LHC, Tevatrón).
 - ii. Física de neutrinos con aceleradores (Grand Sasso, K2K).
 - b) Física experimental de partículas sin aceleradores.
 - i. Detección de materia oscura.
 - ii. Búsqueda de nuevos procesos o procesos exóticos ($\beta\beta 0\nu$).
 - iii. Física de neutrinos solares, atmosféricos o cósmicos.
 - c) Fenomenología de interacciones (Física teórica directamente relacionada con la experimentación en Física experimental de Partículas).

2. Física de Astropartículas y Cosmología.
 - a) Astrofísica de rayos cósmicos, rayos gamma o neutrinos.
 - b) Medición del fondo de microondas u otras medidas fundamentales.
3. Física Nuclear experimental.
 - a) Iones pesados relativistas.
 - b) Física nuclear con haces radioactivos.
 - c) Estructura y dinámica de núcleos.
4. Tecnologías de la información para la Física de Partículas.
 - a) LHC computing GRID.
5. Tecnologías de detectores y aceleradores.
 - a) Investigación en nuevas técnicas de detección.
 - b) Desarrollos para nuevos aceleradores (Tesla, CLIC).

El contenido de estas cinco prioridades temáticas del programa, se desarrollan brevemente a continuación.

Investigación básica en Física de partículas de altas energías

El conocimiento de la materia, sus constituyentes elementales y sus interacciones constituye un objetivo básico y esencial para la especie humana, y así es reconocido por todas las políticas de I+D de los países más desarrollados. Este campo comparte el ser un ingrediente esencial de la cultura con la utilización de medios tecnológicos extraordinariamente potentes. Problemas esenciales abiertos son: el origen de la masa (¿es el mecanismo de Higgs?), la asimetría entre materia y antimateria del universo, el origen de la réplica en familias de partículas, la supersimetría, etc. Lograr ese conocimiento pasa por la realización de investigaciones tanto teóricas como experimentales, ya sea utilizando aceleradores de partículas o bien estudiando las partículas de origen astrofísico o en entornos de bajo fondo.

Investigación básica en Física de astropartículas

El cosmos también proporciona una fuente de radiación difusa o puntual de partículas que llegan a la Tierra o al espacio cercano, como son: la radiación cósmica de protones y núcleos, de fotones de alta energía o de neutrinos. El conocimiento de las interacciones de las partículas permite reconstruir el plasma del universo primordial en los primeros instantes después del big-bang. Por otra parte la materia oscura y la energía oscura del universo, detectadas en las últimas observaciones cosmológicas, sólo pueden entenderse en relación con el avance de la física de partículas. Así, la física de partículas se conecta con la Cosmología, cerrando el círculo de lo ínfimamente pequeño con lo infinitamente grande.

Investigación básica en Física nuclear experimental

Se dispone de una gran variedad de haces (iones estables y radiactivos, neutrones, electrones, fotones, etc.), con un amplio espectro energético, en diversos laboratorios internacionales (CERN, GANIL, GSI, PSI). Se puede así realizar investigación con iones pesados relativistas, física nuclear (estructura y dinámica de núcleos) con haces radiactivos (REX-ISOLDE en el CERN) o en general, física nuclear en relación con los problemas de la física de partículas.

Tecnologías en relación con el proyecto LHC Computing GRID del CERN

Cuando los experimentos instalados en el colisionador LHC del CERN inicien la toma de datos en el año 2007, se requerirá una nueva filosofía de cálculo científico y de tratamiento y análisis de los datos. Las cantidades de información que hay que almacenar y transferir entre laboratorios alcanzan cifras sin precedentes. Por ello, el CERN ha liderado las iniciativas GRID en colaboración con los grandes centros europeos y americanos. El programa potenciará las iniciativas GRID para integrarse en este contexto, tanto en los aspectos software como hardware. Una de las prioridades será la participación en el LHCG, el proyecto GRID del LHC promovido por el CERN.

También habrá que contemplar el aumento de la potencia de cálculo en los nodos del proyecto GRID, para poder hacer frente a una simulación intensiva Monte Carlo, de los sucesos de los experimentos del LHC.

Tecnologías de detectores y aceleradores de partículas

La investigación básica en Física de partículas, exige el desarrollo de las tecnologías de los detectores y aceleradores y da lugar a aplicaciones directas en el bienestar de nuestra sociedad.

El programa debe potenciar aquellos proyectos que conlleven diseños y desarrollos tecnológicos competitivos en centros públicos de I+D y/o conjuntamente con empresas, tanto en el ámbito nacional como en los ámbitos de las Comunidades Autónomas. Estos proyectos de diseño y desarrollo tecnológico deberán reforzar la colaboración entre diversos programas del Plan Nacional y de las Comunidades Autónomas. Dentro de este programa se potenciará también la formación de físicos experimentales y de ingenieros en tecnologías de aceleradores y detectores de partículas. En efecto, se trata de un vehículo muy eficiente de transferencia de tecnología y de innovación.

El programa potenciará tanto la investigación en otras áreas interdisciplinares emergentes (por ejemplo, Astrofísica Nuclear, Medicina Nuclear, etc.), como la investigación y desarrollo de tecnologías implicadas en Física de partículas, con especial énfasis en: imanes superconductores, cavidades aceleradoras, electrónica rápida, mecánica de precisión, detectores de gran resolución y comunicaciones a muy alta velocidad. Se trata así de, previo estudio de necesidades y capacidades, fomentar el fortalecimiento del conocimiento tecnológico en ciertas disciplinas en las que España y su tejido industrial podrían ocupar, a medio plazo, un lugar preferente en el panorama internacional.

Los criterios de priorización de propuestas presentadas, necesarios para alcanzar los objetivos enumerados son los siguientes:

- a) Todas las actividades relacionadas con el acelerador LHC del CERN.
- b) La participación en el programa de investigación del CERN en general.
- c) En Física nuclear, aquellos experimentos relacionados con el CERN ó que por su naturaleza tratan sobre temas de índole básica.
- d) Las líneas en las que España dispone de laboratorios propios, como el Laboratorio Subterráneo de Canfranc o los experimentos de Física de astropartículas en el Roque de los Muchachos.
- e) Potenciar proyectos de instrumentación que conlleven diseños tecnológicos.
- f) La participación en líneas de investigación que por su especial relevancia aconsejen trabajar en otros laboratorios internacionales.

En efecto, España explota satisfactoriamente su pertenencia al CERN y debe ser prioritario e óptimo aprovechamiento de la pertenencia al CERN tanto desde el punto de vista científico como tecnoló-

gico. Además, los grupos de investigación españoles poseen también una alta competitividad para acceder, en régimen competitivo, a otras grandes instalaciones (extranjeras o supranacionales, situadas fuera de territorio español).

Para el programa es también prioritario garantizar la eficiencia científico-técnica de las instalaciones situadas en territorio español que resulten ser competitivas en el panorama internacional para que puedan dar buen servicio a la comunidad de físicos de partículas. Esto se realizará asegurando: a) el rendimiento técnico; b) el acceso a las instalaciones en igualdad competitiva para todos los grupos; y c) la contribución al avance del conocimiento en Física de partículas.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

La Física de Partículas, la Física de Astropartículas y la Física Nuclear necesitan para su actividad la utilización de infraestructuras cada vez más grandes, sofisticadas y complejas. Se clasifican en:

- Grandes Aceleradores, situados en laboratorios internacionales (CERN) o nacionales (DESY, GANIL, GSI, FNAL, KEK, SLAC).
- Laboratorios subterráneos (en Europa: Gran Sasso, Modane, Bouldy, Canfranc) y otras instalaciones específicas (ANTARES, AMS, AUGER, MAGIC).

La estrategia depende del tipo de instalación. En el caso del CERN, España es país miembro y por lo tanto puede participar en cualquiera de sus programas y proyectos. En el caso de las otras grandes instalaciones nacionales, se establecen los mecanismos de participación a través de convenios.

Las instalaciones en territorio español que están relacionadas con el Programa Nacional son dos: el Laboratorio Subterráneo de Astropartículas de Canfranc y las instalaciones del Roque de los Muchachos. Se trata de instalaciones de tamaño medio. El programa debe prestarles una especial atención, para potenciarlas y promocionar el acceso internacional.

Otras instalaciones que el programa atenderá en el cuatrienio son:

- Nodos GRID potentes conectados a través de redes de comunicación de gran ancho de banda (en los centros de investigación).

La estrategia global que persigue el programa, tiene como finalidad:

- Mantener el alto nivel de excelencia alcanzado por los grupos de investigación.
- Establecer convocatorias específicas para mejoras de la infraestructura de los grupos.
- Estar presente desde las etapas iniciales en los grandes proyectos internacionales (CERN, CDF, K2K, Gran Sasso, GSI, etc.), con especial énfasis en los que la participación española pudiera ser especialmente relevante.
- Hacer un gran esfuerzo por poner a disposición de la comunidad medios computacionales de altas prestaciones dedicados a la Física de Partículas (Proyecto GRID).
- Fomentar la creación de redes temáticas intercentros para colaborar en proyectos experimentales, aportando cada centro sus infraestructuras y conocimientos específicos.

Centro Nacional de Física de Partículas (CEFAP)

Existen varios motivos para la creación de un Centro Nacional de Física de Partículas, de ámbito estatal. Están, principalmente, relacionados con el aumento de los retornos científicos y tecnológicos de la pertenencia al CERN.

- a) El primero es el aprovechamiento óptimo de las importantes oportunidades científicas, académicas, tecnológicas e industriales que se derivan de la pertenencia de España al CERN. Así, el CEFAP debe impulsar acciones para
- Aumentar el número de físicos experimentales, es decir, lograr más retornos científicos.
 - Aumentar el número de tecnólogos: conseguir más retornos tecnológicos.
 - Explotar la capacidad de formación del CERN.
 - Alcanzar una mayor presencia en el CERN.
- b) El segundo se deriva de las características de los proyectos de investigación en Física de Partículas; en concreto, su larga duración y alta complejidad tecnológica y su desarrollo en un marco totalmente internacional exigen que sea necesaria una coordinación nacional e internacional: los experimentos son de gran tamaño y elevado coste y tienen una duración frecuentemente superior a una década.
- c) El tercero es también consecuencia de la complejidad tecnológica de los experimentos en Física de Partículas que requiere involucrar en un mismo grupo de trabajo a personal de diversas competencias: científicos, ingenieros superiores y técnicos. En el ámbito en que se desarrolla actualmente la investigación en España, esta tarea resulta sumamente difícil. En particular por el déficit de tecnólogos en los grupos universitarios.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

5.1 Recursos humanos

El tamaño de la comunidad de física de partículas española (científica y técnica) es inferior a la mitad del de las comunidades de los países desarrollados de nuestro entorno europeo. Esta escasez de recursos humanos afecta negativamente al aprovechamiento óptimo de la pertenencia de España a grandes laboratorios europeos. Por otra parte la incorporación de jóvenes con formación de excelencia a los centros españoles sigue siendo un problema.

El programa debe establecer acciones que promuevan el incremento de personal científico y técnico. El crecimiento debe basarse en la incorporación de los físicos y tecnólogos mejor preparados. Para ello sería necesario:

- Dotar de nuevas plazas cuidadosamente distribuidas por centros y en el tiempo de modo que el crecimiento sea ordenado y estable.
- Mantener y aumentar los programas de contratos posdoctorales abiertos no solo a la comunidad nacional sino a la comunidad internacional. Ésta es la mejor arma para mantener la internacionalización de la Física de Partículas desde la base.
- Establecer un programa de carrera investigadora (Tenure track) que permita un acceso ordenado a las plazas fijas con garantías suficientes después de unos años de contrato posdoctoral y estancias en el extranjero.
- Implementar o mantener un programa de becas de doctorado que mantenga un flujo constante de nuevas vocaciones. Incidir especialmente en la captación por méritos académicos.
- Discriminar positivamente en la formación y contratación de doctores expertos en física experimental.

En el ámbito de las Comunidades Autónomas, éstas pueden constituirse en un apoyo esencial en lo que a política de recursos humanos se refiere, coordinando y complementando sus convocatorias con las del Plan Nacional.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

La Física de Partículas, por estar involucrada en grandes proyectos tecnológicos, tiene una conexión directa con el mundo empresarial. Muchas de las tecnologías desarrolladas para la Física de Partículas se han utilizado en otras áreas más aplicadas y comerciales. Un buen ejemplo es el CERN, que licita entre los países miembros la adquisición de bienes y servicios, promoviendo la competitividad empresarial en toda Europa.

Otras vías eficaces de fomento de la competitividad empresarial se dan gracias a:

- La formación de doctores con componente experimental, ya que puede facilitar la absorción de personal altamente cualificado por empresas tecnológicas.
- La participación en los grandes proyectos experimentales, que forma a científicos e ingenieros en tecnologías avanzadas, facilitando desarrollos tecnológicos en la empresa y la creación de pequeñas empresas de alta tecnología.

5.3 Cooperación Internacional

La apuesta por la Física de partículas en España es necesaria y segura, tanto desde el punto de vista de la investigación básica, como por ser motor importante de desarrollo tecnológico. Así, la participación en diversos proyectos tecnológicos de vanguardia (como son ATLAS, CMS y LHCb del LHC; CDF, AMS, etc.) ha fomentado ya la participación de las industrias españolas en los mismos, en estrecha colaboración con nuestros grupos científicos, estimulando, además, la creación de un tejido industrial y tecnológico competitivo.

Los proyectos en Física de Partículas son eminentemente internacionales. En España por ejemplo, la disciplina se desarrolló gracias a que un porcentaje importante de sus cuadros se formó en el extranjero. Es importante pues mantener y fomentar las relaciones internacionales de la Física de Partículas española, con las siguientes metas:

- Potenciar la cooperación bilateral en Física de Partículas y Física Nuclear a través de los institutos nacionales IN2P3 de Francia y el INFN de Italia.
- Potenciar la participación de los grupos españoles en los experimentos del LHC e impulsar la progresiva participación de los grupos españoles en los proyectos punteros que se realizan en los laboratorios de EE.UU. (BaBar) y Japón (Belle, JHK), de forma que se expanda la internacionalización de esta disciplina y el retorno científico e industrial de los grandes avances que conlleva.
- Incentivar la participación en redes y programas Europeos.
- Incentivar la realización de congresos y conferencias internacionales en España. Mantener las conferencias emblemáticas de la comunidad como el International Meeting on Fundamental Physics; las Jornadas de Altas Energías en colaboración con la Real Sociedad Española de Física; el Taller de Altas Energías y fomentar la participación en la prestigiosa escuela del CERN.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

La comunidad de físicos de partículas participa en proyectos de divulgación científica con la doble finalidad de educar a la sociedad en la cultura científica y de inducir a los jóvenes el gusto por las ciencias físicas y matemáticas. Con este fin se plantean las siguientes actuaciones:

- Promover actividades en la Semana de la Ciencia y Tecnología.
- Favorecer con fondos adicionales especialmente marcados para divulgación a los proyectos que dediquen un cierto esfuerzo a la divulgación científica.

- Dotar con cantidades adicionales los fondos para la realización de congresos científicos en los que se programen charlas públicas de divulgación.
- Fomentar la programación de Cursos de especialización en enseñanza de la Física de Partículas para el profesorado de enseñanza primaria y secundaria, ciclos de conferencias destinadas al profesorado, etc.
- Incentivar la producción de libros de texto y libros de divulgación científica, así como de revistas encaminadas a la divulgación de actividades de los centros.
- Participar en el programa Physics on Stage, en colaboración con el CERN, ESO y ESA.

6 Relación con otros programas nacionales

El Programa Nacional de Física de Partículas está relacionado con otros programas del Plan Nacional de I+D+I, tanto en lo referente a los objetivos científicos y tecnológicos como a la metodología y líneas de actuación. En concreto son de destacar los siguientes:

Programa Nacional de Astronomía y Astrofísica

La conexión más profunda entre la Física de Partículas y la Astrofísica se da en la Cosmología, es decir, en el estudio de las propiedades y evolución del universo a gran escala. En los últimos 20 años se ha producido un gran avance en esta ciencia y se ha hecho evidente que muchas de las propiedades actuales del universo, cuyo estudio es el dominio principal de la Astrofísica, se deben a las condiciones iniciales del mismo, en las que las propiedades de las partículas elementales, el dominio principal de la Física de Partículas, juegan un papel fundamental. Por otra parte algunos de los problemas centrales de la Astrofísica, tales como la existencia y propiedades de la materia y energía oscura, pueden tener que ver con la existencia de partículas elementales esperadas en algunas teorías de partículas y aun sin descubrir. Y por si esto fuera poco el estudio de fuentes astrofísicas (fotones, neutrinos) se está extendiendo a zonas del espectro que caen dentro del dominio tradicional de la física de partículas. Todas las conexiones anteriores han llevado a la emergencia de una nueva disciplina, llamada Física de Astropartículas, aun no muy bien definida pero con un crecimiento rápido en todo el mundo.

La convergencia entre ambas disciplinas es también acusada en los aspectos tecnológicos y de gestión. La instrumentación utilizada en ambos campos es muy similar en muchos casos y ambos requieren un procesado de datos intenso, con tecnologías comunes. Las instalaciones tradicionales en Astrofísica, los observatorios o las plataformas espaciales, están gestionadas de manera similar a como lo están las instalaciones en Física de Partículas, los aceleradores.

Sería conveniente iniciar una serie de acciones específicas encaminadas a potenciar la colaboración mutua, como pueden ser:

- 1) Incentivar la creación de grupos multi-disciplinares en los que participasen astrofísicos, físicos de partículas y tecnólogos. También, fomentar la movilidad (a nivel posdoctoral y senior), entre grupos.
- 2) Mejorar el perfeccionamiento continuado del personal existente y acciones específicas de formación de nuevo personal. Una acción específica podría ser la celebración de una escuela anual sobre temas comunes.
- 3) Fomentar la participación de empresas e instituciones en la construcción de equipamiento científico.
- 4) Potenciar las infraestructuras existentes en España de manera singular.

Programa Nacional de Física

Como en cualquier disciplina, las fronteras de la Física de Partículas no están definidas con precisión. En particular la Física Teórica de Partículas está muy cercana en algunos casos a la Física Teórica de Materia Condensada o a las Matemáticas. Lo mismo puede decirse de algunos de los aspectos tratados en Física Nuclear tanto experimental como teórica, los cuales están muy cerca de la Física de Partículas y viceversa.

Área de Tecnologías de la Sociedad de la Información

Los experimentos de física de partículas, así como algunos estudios teóricos, generan una cantidad ingente de datos que deben ser procesados y distribuidos en todo el mundo. Los problemas que esto conlleva tienen un interés tecnológico evidente y plantean problemas que son de interés en las Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones. El nacimiento del World Wide Web en el CERN a comienzos de los años 90 es el ejemplo paradigmático de esta conexión.

Programa Nacional de Biomedicina

Es bien sabido que las Ciencias de la Salud requieren tecnologías cada vez más y más sofisticadas. Algunas de estas tecnologías, principalmente las radiológicas y las de tratamiento de la información, son similares a las utilizadas en física experimental de partículas. Es de destacar que ya han tenido lugar en España algunos desarrollos en este sentido y que el Programa Nacional de Biomedicina ha financiado un proyecto de instrumentación concreto llevado a cabo por físicos e ingenieros cuya labor principal está en el campo de la física de partículas. Una actuación concertada para encontrar campos de convergencia en este sentido sería muy recomendable, dada la dependencia casi total que tiene España en tecnología médica desarrollada en otros países.

Programa Nacional de Matemáticas

1 Ámbito del programa nacional

Las Matemáticas, la ciencia más antigua, constituyen un edificio doctrinal sin parangón con otras ciencias, proporcionando un conocimiento acumulativo cuyo potencial aumenta día a día. El grado de certeza y fiabilidad de los razonamientos matemáticos es fundamental en el funcionamiento de la sociedad tecnológica e informática. Aunque la más pura esencia de las Matemáticas es abstracta y trata de números, figuras, ecuaciones, relaciones y estructuras, que son independientes en principio de toda realidad, es un hecho que las Matemáticas han sido concebidas en el esfuerzo del ser humano para entender la Naturaleza (y actuar sobre ella) y que son de importancia capital para la sociedad moderna. Matemáticas y civilización son realidades inseparables. Las matemáticas han suministrado a las ciencias el lenguaje y los conceptos en que se expresa el programa científico y están en la base de todo el desarrollo tecnológico que nos coloca ahora a las puertas de la Sociedad de la Información. En nuestros días, las Matemáticas poseen el lenguaje y la capacidad de tratar no sólo de lo exacto, sino también de lo aleatorio, lo que las hace vehículo adecuado de muchas problemáticas sociales.

Las Matemáticas son abstractas, pero es el poder de abstracción de las Matemáticas lo que las hace indispensables para identificar estructuras entre las ingentes cantidades de datos que la realidad convencional, el mundo de la industria y de la tecnología, y los campos emergentes de las ciencias ponen ante nosotros de manera permanente, creciente y cambiante. Es necesario construir primero modelos matemáticos y, después, algoritmos que sirvan de puente entre los datos y los modelos. Esto da paso al desarrollo y aplicación de las herramientas matemáticas, desde las teóricas que ponen de manifiesto las propiedades y estructuras de los modelos, hasta las computacionales que tienen como objetivo dar respuestas plausibles e implementables en tiempo real.

La relación de las Matemáticas con las ciencias y las tecnologías es un camino de ida y vuelta. Ideas matemáticas consideradas sin aplicación hace un siglo son ahora esenciales en algunas tecnologías. Recíprocamente, los nuevos problemas tecnológicos se convierten en desafíos matemáticos crecientes que estimulan la investigación y creatividad matemática.

Además, las Matemáticas son uno de los grandes vehículos de fertilización interdisciplinar. Gracias a la universalidad de su lenguaje y conceptos, y su elevado nivel de aceptación por parte de las ciencias clásicas, sociales y la ingeniería, constituyen una herramienta privilegiada e irremplazable de la transferencia de conocimientos. Hay que mencionar también el valor educativo de las matemáticas, que son las portadoras del razonamiento lógico no sólo en la ciencia sino también en la vida diaria. En efecto, está universalmente reconocido que el desarrollo de capacidades intelectuales tan básicas como la abstracción, la capacidad de análisis y síntesis, y en definitiva la capacidad de razonar ante la complejidad, está claramente correlacionado con una educación matemática sólida y de calidad.

El ámbito temático de este Programa Nacional de Matemáticas pretende recoger toda la actividad matemática que se realice en el cuatrienio 2004-2007, sea de carácter básico, aplicado, de fundamentos

o fronteriza con otras disciplinas como informática, física, ingeniería, ciencias sociales, ciencias de la vida, etc. siempre que responda a objetivos y contenidos matemáticos.

Tradicionalmente, en nuestro país, se ha venido catalogando la actividad matemática en 5 grandes áreas de conocimiento: Álgebra, Análisis, Estadística e Investigación Operativa, Geometría y Topología, y Matemática Aplicada (aunque también se realiza investigación matemática en otras áreas de conocimiento). Esta división crea compartimentos excesivamente cerrados en sí mismos que dificultan el desarrollo de campos fronterizos, que a pesar de poseer una gran vitalidad investigadora, no tienen fácil integración en una de esas áreas. Precisamente una de las características fundamentales de las Matemáticas es su unidad como ciencia y la universalidad en sus modos de razonamiento, en los objetivos perseguidos de creación de herramientas, y en las estructuras y resultados aplicables en distintos contextos. Por eso este programa nacional tiene una estructuración más pormenorizada y acorde a la realidad de sus múltiples facetas, siguiendo las pautas con que se organiza la investigación internacionalmente.

2 Justificación de la priorización del programa

Las Matemáticas deben ser consideradas como una pieza clave en el sistema de I+D+I de cualquier sociedad moderna, y en particular, de la española. Su carácter estratégico debe ser señalado con claridad. La consideración de las Matemáticas como meramente instrumentales conllevaría el riesgo de causar un daño irreparable a las matemáticas a medio plazo y a todo el sistema a largo plazo.

Las Matemáticas han experimentado un desarrollo espectacular en los últimos veinte años en España, pasando de producir un 0,3% del total de artículos en SCI en 1980, a un 4,42% en el quinquenio 1997-2001 (véase el informe "La investigación matemática en España en el período 1990-1999", editado por las sociedades matemáticas españolas RSME-SCM-SEIO-SEMA). España cuenta ahora con una plantilla de cientos de investigadores de nivel internacional, que se aglutinan en torno a unos 300 proyectos y que cuentan con frecuencia con ayudas adicionales de las Comunidades Autónomas (CCAA), de la UE y de otras fuentes. Esto supone una masa crítica importante que cristaliza por primera vez en nuestra historia.

Por eso, el Plan Nacional de I+D+I 2004-2007 incluye un Programa Nacional de Matemáticas que basado en la coyuntura actual, plantea los siguientes objetivos de carácter general, haciendo énfasis en la búsqueda de una mejora generalizada de la calidad de la investigación, del fomento de sus aspectos más innovadores y de su impacto en el tejido industrial, económico y social:

- Consolidar los grupos de investigación de excelencia existentes y conseguir un liderazgo en sus ámbitos de especialización.
- Incentivar un nuevo salto cualitativo, bajo parámetros claros de calidad, de modo que la Matemática española desarrolle plenamente su papel central en el Plan Nacional.
- Contribuir a la formación del Espacio Europeo de Investigación (ERA) y establecer sinergias con los Programas Marco de la UE y los Programas de I+D+I de las diferentes CC.AA.

La identificación de un Programa Nacional de Matemáticas supone en sí misma un paso importante en esta dirección.

En los países más avanzados en investigación existen programas específicos de carácter nacional para el desarrollo de las Matemáticas. En muchos casos estos programas se canalizan a través de agencias nacionales como la NSF en EEUU o la EPSRC en el Reino Unido. Sin un Programa Nacional de Matemáticas, nuestro país estaría en inferioridad de condiciones frente a otros países de nuestro ámbito dificultando, en particular, el liderazgo internacional de nuestros investigadores. Este Programa Nacional viene justificado objetivamente por los siguientes criterios:

2.1 Criterios científicos

Las Matemáticas contribuyen a la generación del conocimiento validado en un contexto internacional, como ponen de manifiesto diferentes indicadores internacionales.

2.2 Criterios tecnológicos

Las Matemáticas son la base conceptual y suministran el lenguaje básico del desarrollo tecnológico, aun cuando este contenido esté en ocasiones oculto. En gran medida, el desarrollo tecnológico español en el pasado ha estado condicionado por la escasa presencia de las Matemáticas en nuestro sistema de I+D+I. El futuro desarrollo de nuestro sistema está también íntimamente ligado al grado de penetración que las Matemáticas consigan en él. La evolución de ciertos sectores, como las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones o la gestión de la producción en entornos globalizados, precisa del desarrollo de la metodología matemática apropiada. El paso de la Sociedad Industrial a la Sociedad de la Información sitúa a las Matemáticas en un papel mucho más central para el funcionamiento diario de la sociedad. Por último, debe señalarse un hecho constatado en el trabajo científico y tecnológico: el método matemático-computacional implica y permite abordar los problemas desde nuevos y más profundos puntos de vista, y permite incluso formular nuevas propuestas de solución, nuevas formulaciones e incluso nuevos problemas de mayor impacto potencial.

2.3 Criterios sectoriales

Las Matemáticas son hoy esenciales en algunos sectores estratégicos como, por ejemplo, la computación en el medio industrial, las finanzas, el medio ambiente, la seguridad, las tecnologías de la información y la comunicación y la energía. Existe evidencia comprobada de que todos estos sectores demandan una mayor presencia matemática. Es también patente la creciente utilización de las Matemáticas para abordar problemas en las más diversas áreas como la biología, la medicina o las ciencias sociales.

2.4 Criterios de interés público

Las Matemáticas son importantes en el esfuerzo científico-tecnológico para que España participe en la creación de ciencia y tecnología aplicada a los problemas del país. Es claro el papel clave de las Matemáticas en ciencias de la vida y de la salud, optimización de procesos industriales, finanzas, aeronáutica, meteorología, climatología, medio ambiente, espacio y comunicaciones, redes de tráfico, defensa, transporte, etc.

3 Estructura y objetivos del programa

El éxito de las Matemáticas descansa en la construcción a lo largo de siglos de un sólido edificio lógico, provisto de herramientas y conexiones que se multiplican continuamente. Las Matemáticas han sabido superar la crisis de fundamentos del siglo XIX. El formalismo contribuyó, por una parte, a la consolidación del edificio matemático actual, y por otra, ha sido el punto de arranque de la moderna computación científica, uno de los desarrollos más espectaculares de la ciencia del siglo XX.

A continuación se hace una descripción de los temas de los que se ocupan las Matemáticas, a partir de la Mathematics Subject Classification 2000, una clasificación exhaustiva, elaborada por la American

Mathematical Society (AMS) y la European Mathematical Society (EMS). El programa se estructura en áreas temáticas, que de ningún modo deben considerarse como independientes y cuyos títulos son orientativos.

Hay que destacar que en todas estas áreas existen en España grupos competitivos, si bien cada área cuenta con unos pocos grupos que aportan el mayor grado de visibilidad internacional a nuestras matemáticas.

3.1 Fundamentos, lógica y matemática de las ciencias de la computación

Uno de los fenómenos más característicos de la Matemática del comienzo del siglo XX fue el ocuparse por su fundamentación como ciencia, puesto que su propio desarrollo condujo, en algunos casos, a descubrimientos aparentemente desconcertantes. Se impulsaron así los campos de la lógica, teoría de modelos, teoría de conjuntos, etc. contribuyendo también de manera decisiva al nacimiento de la informática. Entre los temas que este campo abarca cabe mencionarse la algorítmica, complejidad, sistemas expertos, inteligencia artificial, tratamiento de datos que se encuentran en la frontera entre la matemática y la informática.

3.2 Combinatoria y matemática discreta

El desarrollo de la informática y las telecomunicaciones ha potenciado la investigación en matemática discreta y combinatoria (grafos, geometría y análisis discretos, matroides, triangulaciones de conjuntos finitos de puntos, etc). Se trata de un campo con una fuerte componente interdisciplinar y con notables aplicaciones prácticas en robótica, tratamiento de imágenes, visión artificial, redes de comunicaciones y transporte. Técnicas como las transformaciones de Fourier discreta y rápida son de uso sistemático en la computación y tratamiento de señales.

La combinatoria en sus aspectos existenciales, enumerativos y constructivos presenta en la actualidad un gran desarrollo, en paralelo con el continuo crecimiento de sus aplicaciones.

3.3 Álgebra, teoría de números y geometría algebraica

En el siglo XIX el álgebra evolucionó pasando de ser el arte de resolver ecuaciones a la disciplina encargada del estudio de las estructuras matemáticas. La investigación en teoría de grupos, álgebras no asociativas, álgebras diferenciales, técnicas homológicas, y álgebra conmutativa y no conmutativa, tanto en su vertiente teórica como computacional, en la que se están haciendo avances sorprendentes, tienen un interés indudable no sólo para las propias Matemáticas, sino para el conocimiento de la estructura de los cristales en mineralogía, la física cuántica, la modelización de relaciones sociales, la criptografía, la seguridad, el diseño de navegadores de Red, etc. Simultáneamente, el álgebra computacional, incorporando en particular la teoría clásica del álgebra lineal y de la resolución de sistemas, garantiza la transferencia de resultados al sector empresarial.

La teoría de números, abordada tanto desde el punto de vista algebraico como analítico, ha experimentado un desarrollo espectacular en el último siglo, que se ha traducido en la resolución de grandes problemas planteados hace siglos (como el teorema de Fermat) y en el planteamiento de ambiciosos programas de conexión con otras áreas como la geometría y el análisis (programa Langlands). Las herramientas y el tratamiento moderno de la aritmética hace que esta disciplina aparezca indisolublemente unida a la geometría algebraica. Se trata de campos con importantes aplicaciones como la criptografía y la teoría de códigos correctores. Por otra parte, la geometría algebraica compleja se desarrolla en el con-

texto más general de la geometría analítica y diferencial compleja, contribuyendo a campos multidisciplinares entre los que destaca la teoría de singularidades.

3.4 Geometría

La geometría es un clásico y floreciente campo de investigación que se relaciona con buena parte de las matemáticas y de la física teórica. Entre los temas que se abordan en nuestro país cabe destacar la geometría Riemanniana, geometría Lorentziana (soporte de la relatividad general), geometría simpléctica (procedente de la mecánica), geometría de contacto, geometría compleja, grupos de Lie, espacios de Moduli (a caballo con la geometría algebraica), subvariedades (en particular, superficies mínimas), teorías de foliaciones y de singularidades (foliaciones Riemannianas, holomorfas, acciones de grupos, cohomología), geometría no-conmutativa (ligada a la teoría de operadores, las C^* -álgebras y el álgebra no conmutativa). Otros temas son la geometría de convexos, geometría integral, geometría discreta y geometría computacional.

3.5 Topología

La topología está íntimamente ligada a la geometría y al álgebra tanto por sus métodos como por sus objetivos y, recientemente, a la física, particularmente en el campo de la topología diferencial en dimensiones 3 y 4, que ha tenido desarrollos interesantes en los últimos tiempos. La teoría de nudos, la teoría de foliaciones y laminaciones en variedades de dimensión 3, las variedades hiperbólicas y otras cuestiones en torno a la conjetura de geometrización son temas de gran interés y actualidad. Otro campo importante es la topología algebraica. Los métodos cohomológicos proporcionan información fundamental sobre estructuras de naturaleza topológica analítica o algebraica. La teoría de homotopía es un campo muy rico y activo que ha jugado, al igual que otras partes de la topología algebraica, un papel importante en el desarrollo de las matemáticas en la segunda mitad del siglo XX.

3.6 Física matemática

La Física matemática se ocupa del campo de interacción entre la física y las matemáticas, y es en este sentido un área transversal a todas las matemáticas. Los temas más importantes son: la mecánica clásica, abordada con métodos de geometría diferencial (mecánica geométrica) y métodos de ecuaciones en derivadas parciales (punto de vista practicado en el área de matemática aplicada), la mecánica de fluidos, la teoría de la relatividad y la gravitación (conectada con la geometría Riemanniana y Lorentziana, y la geometría algebraica compleja), mecánica cuántica (conectada con la teoría de operadores, de representaciones de grupos de Lie y la de grupos cuánticos) y la teoría de sistemas integrables clásicos y cuánticos. Otro importante tema es el estudio de la estructura geométrica y topológica de las teorías cuánticas de campos (en particular la de Yang-Mills) y las de cuerdas y supercuerdas, en los que la combinación de métodos de las matemáticas y de la física ha resultado particularmente fructífera para ambas en los últimos años.

3.7 Análisis matemático

Desde una perspectiva histórica, el análisis matemático surge para plantear y resolver las ecuaciones básicas de la física (movimientos de los cuerpos celestes, propagación del calor, de las ondas, etc.) pero también con fuertes vínculos con la geometría. Algunos de los temas de esta disciplina con el tiempo han adquirido entidad propia. Entre éstas cabe citar en primer lugar las ecuaciones diferenciales, las

ecuaciones en derivadas parciales y el cálculo de variaciones, que por su importancia histórica e interdisciplinariedad y, en particular, por su fuerte conexión con la matemática aplicada, merecen mención aparte en el epígrafe siguiente. El análisis armónico es otra de las disciplinas clásicas en Análisis, con importantes aplicaciones a la física y al tratamiento de señales a través de la teoría de ondículas (digitalización y compresión de imágenes, visión por computador, tomografía e imágenes médicas en general, etc.). El análisis real pone énfasis en las teorías modernas de diferenciación, integración y medida y su relación con propiedades geométricas a través de la teoría geométrica de la medida y la teoría ergódica, ésta última muy relevante en el contexto de los sistemas dinámicos.

El análisis funcional surgió principalmente para estructurar los espacios de funciones y el estudio de ecuaciones integrales. Los espacios funcionales, los operadores en ellos definidos, su interpolación, la teoría de bases en general y de los polinomios ortogonales en particular y las funciones especiales, son ramas bien consolidadas y aún plenamente vigentes de esta disciplina. Así la teoría de distribuciones y los espacios de Sobolev constituyen el lenguaje básico de la teoría moderna de ecuaciones en derivadas parciales. El análisis funcional se ocupa también del estudio de las estructuras algebraico-topológicas habiéndose consolidado disciplinas como los grupos topológicos, la geometría de los espacios de Banach, las álgebras de Banach y Jordan, la teoría de operadores de Hankel y Toeplitz.

Otra de las ramas más clásicas del análisis es el análisis complejo o teoría de funciones de variable compleja (una y varias variables). La teoría geométrica de funciones pone énfasis en aspectos geométricos vinculados a la variable compleja: superficies de Riemann, la descripción geométrica de singularidades. Más recientemente, la teoría de aplicaciones cuasi-conformes, la dinámica compleja, el estudio de las propiedades métricas y topológicas de los fractales, son temas de esta disciplina en plena efervescencia.

Buena parte de los desarrollos actuales en el área tienen un carácter interdisciplinar como son los aspectos finos del análisis armónico relacionados con la teoría de números, y con la matemática discreta, a través de la combinatoria, la geometría aritmética y la teoría de Grafos, constituyendo un incipiente análisis discreto. Lo mismo puede decirse del uso de métodos probabilísticos en la teoría de funciones de variable compleja y la teoría del potencial. Otros ejemplos los constituyen la interfase entre el análisis complejo y la teoría de números (hipótesis de Riemann, funciones elípticas, funciones zeta de cuerpos de números, funciones y formas automorfas) y el análisis global, que agrupa todas las herramientas pertinentes en el análisis en variedades (teoremas de clasificación, teoría clásica de superficies, superficies mínimas, ...) e interacciona con la geometría diferencial.

3.8 Ecuaciones diferenciales

Las ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) y las ecuaciones en derivadas parciales (EDP), deterministas o estocásticas, estacionarias o de evolución, lineales o no, juegan un papel de gran importancia a caballo entre el análisis matemático y las aplicaciones a la descripción del mundo físico. Las EDO y más en general, los sistemas dinámicos con sus conexiones con la mecánica celeste, las teorías del caos y la complejidad y el equilibrio de sistemas, constituyen uno de los grandes bloques de esta disciplina. Las EDP surgieron para modelar problemas en varias variables en la física y la geometría y su teoría actual está profundamente ligada al análisis funcional. Mantienen estrecha conexión con los problemas de la física matemática y la ingeniería, y, más recientemente, con la biología y la economía.

La interacción de los modelos deterministas y estocásticos es uno de los grandes retos de las matemáticas actuales. De la combinación de las teorías de ecuaciones diferenciales y probabilidad se originan las ecuaciones estocásticas, que se describen en el apartado dedicado a la probabilidad.

3.9 Matemática aplicada y computacional

El calificativo "aplicada" está motivado porque este campo atiende a la investigación matemática que tiene sus raíces en los problemas prácticos de las ciencias y las tecnologías. En un sentido amplio, es un área transversal dentro de las matemáticas y puede englobar hoy día a matemáticos de todas las áreas con interés en la aplicación práctica del método matemático. Los proyectos matemáticos en este ámbito tienen en una primera aproximación tres componentes básicos: modelización, análisis matemático y aspectos computacionales.

Algunos de los temas más practicados en nuestro país son el análisis, identificación (problemas inversos), control, optimización, aproximación y simulación numérica de modelos que intervienen en particular en los procesos industriales (acústica, metalurgia, industria alimentaria, combustión, ...). Temas como la mecánica de sólidos y de fluidos, el electromagnetismo, la termodinámica, la ciencia de los materiales, la biología, astronomía, cosmología y mecánica celeste, la visión por ordenador o la ingeniería financiera son fuentes inagotables de problemas, teorías y desarrollos matemáticos.

En España, la denominación de matemática aplicada corresponde a un área de conocimiento con numerosos profesionales, goza de una larga tradición organizativa y abarca varios grandes temas como son la matemática computacional y el análisis numérico. Este surge del análisis matemático, y utiliza desde métodos tradicionales como los de diferencias y elementos finitos, el álgebra lineal numérica o los algoritmos de optimización a técnicas emergentes de algoritmos genéticos y redes neuronales.

En esta área confluyen una investigación de carácter más teórica en las que se analizan cuestiones tales como la existencia, unicidad y propiedades cualitativas de soluciones, con los métodos asintóticos y perturbativos propios de la física y de la ingeniería que permiten frecuentemente predecir propiedades cualitativas de los modelos. Todas estas técnicas confluyen en temas de gran importancia por sus aplicaciones como la dinámica no lineal, el caos y la complejidad.

La homogeneización y el análisis multiescala se ocupan de cuestiones relacionadas con aplicaciones en ámbitos de la ingeniería de estructuras, materiales compuestos y nanotecnología.

La matemática discreta, así como el álgebra y la geometría computacionales, experimentan en la actualidad un impulso importante provocado por el auge de las tecnologías de la información y las comunicaciones.

La mecánica, mencionada ya en el apartado de la física matemática, constituye otro ámbito importante de investigación que abarca la mecánica celeste, de partículas, de sólidos y de fluidos y sus versiones computacionales como la mecánica de fluidos computacional con una clara aplicación industrial. La combustión o la dinámica atmosférica y oceánica son otros temas de gran importancia que se practican en nuestro país.

Otra de las áreas de mayor actualidad es la del tratamiento de señales y procesamiento de imágenes en las que se combinan numerosas herramientas del análisis, de las probabilidades y también modelos variacionales y geométricos con un fuerte contenido matemático y con importantes aplicaciones en el ámbito de las tecnologías de la sociedad de la información.

3.10 Estadística

La investigación en estadística ha experimentado un enorme crecimiento en todo el mundo en los últimos años. El desarrollo de la informática y las telecomunicaciones ha permitido la aplicación de nuevas técnicas y, por otro lado, el acceso a grandes bases de datos. Pero las ingentes cantidades de información de las que disponemos necesitan ser procesadas adecuadamente para que podamos asimilarlas, tomar decisiones y hacer predicciones. De todo ello se ocupan las técnicas estadísticas, cada vez más

sofisticadas, que permiten hacer frente a los nuevos retos de la sociedad de la información. España no ha sido ajena al fuerte desarrollo de la investigación en estadística y en estos últimos años se han generado importantes grupos en este terreno en nuestro país que cubren una gran variedad de líneas teóricas, computacionales y aplicadas. La estadística hoy en día es una herramienta fundamental en campos tan dispares como la medicina, la evaluación medioambiental o la economía, por citar sólo tres ejemplos.

3.11 Probabilidad

Las probabilidades estudian modelos matemáticos para las experiencias aleatorias. Dentro de esta área, los procesos estocásticos permiten modelizar fenómenos aleatorios que evolucionan en el tiempo y se utilizan ampliamente en una gran diversidad de temas aplicados, entre los que pueden citarse el control estocástico en ingeniería, las series temporales en economía, el cálculo estocástico en finanzas y los procesos de Markov en genética y en comunicaciones. Las probabilidades y los procesos estocásticos constituyen una rama moderna de las matemáticas que está experimentando un desarrollo muy activo en los últimos años. En nuestro país, el desarrollo de las probabilidades es muy reciente y se concentra en los algunos temas concretos en los que se ha conseguido proyección internacional. Entre ellos, podemos citar el análisis estocástico, las ecuaciones en derivadas parciales estocásticas, los campos aleatorios, los teoremas límite relacionados con la estadística asintótica y las desigualdades estocásticas. El estudio de los conjuntos difusos como modelos para situaciones de incertidumbre constituye también un tema activo en nuestro país.

3.12 Investigación operativa

La investigación operativa se ocupa de los problemas de optimización asociados al funcionamiento de sistemas complejos, en los que la componente estocástica puede jugar un importante papel. Por su propia naturaleza, la investigación operativa ha generado una amplia variedad de modelos, que se aplican en ámbitos muy diversos y que suscitan el uso de técnicas muy variadas. El núcleo central de tales técnicas lo constituye la programación matemática, es decir los métodos de optimización con restricciones. La programación matemática está tan profundamente vinculada a ciertos modelos de la investigación operativa que a veces es difícil distinguir dónde acaba una y empiezan otros. Hecha esta salvedad, podemos citar otros campos que han alcanzado un gran desarrollo en los últimos años dentro de la investigación operativa, como por ejemplo la optimización de redes de flujo, la teoría de colas, la teoría de juegos, la planificación de proyectos, los sistemas de ayuda a la decisión, la gestión de inventarios o las técnicas de localización y rutas. La investigación operativa en España ha evolucionado de forma análoga al resto de las áreas de matemáticas, de modo que en la actualidad existen grupos con fuerte proyección internacional en muchos de los grandes campos de la investigación operativa.

La educación matemática e historia son áreas emergentes en España, y en consecuencia, muy heterogéneas y con un número muy reducido de proyectos. Pero la investigación en estos campos es una característica tradicional de las matemáticas, sin tanta implantación en otras ciencias. Parece conveniente incorporarlas plenamente al Programa Nacional con los mismos criterios de calidad e impacto de la investigación a la hora de ser evaluadas.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

La característica más destacable de la investigación en matemáticas radica en cierta forma en el mayor peso específico que en dicha actividad tienen la comunicación y la relación con otros investigadores, al recibir y procesar ideas nuevas. Por tanto, uno de los instrumentos tradicionales de la investigación en el ámbito de las Matemáticas es la existencia de centros de investigación. Existen diversos modelos, diversidad motivada por los diferentes sistemas investigadores y modos de asignar recursos implantados en cada país. Sin embargo, existe una carencia de tales centros en España, excepción hecha del Centre de Recerca Matemàtica de Barcelona (CRM), que depende del Institut d'Estudis Catalans y de la Generalitat de Cataluña. Recientemente están también creándose Institutos Universitarios de Matemáticas con la finalidad de promover sinergias entre los grupos de investigación de las correspondientes facultades.

Centro Nacional de Matemáticas (CNM)

Por todo lo expuesto anteriormente, se considera indispensable impulsar la creación de un Centro Nacional de Matemáticas, que responda a las necesidades de la investigación matemática en todo el Estado. En la medida en que en este nuevo Plan Nacional se pretende una cooperación con los Planes de I+D+I de las CC.AA., sería deseable que el CNM pudiese contar con sedes en diferentes Comunidades, con el objetivo de optimizar las inversiones de los entes autonómicos y locales. Estas sedes podrían presentar diferentes configuraciones (centros temáticos, con especial orientación a la interacción con el tejido industrial y empresarial, de documentación, sedes de escuelas y cursos de formación avanzada,...). En algunos casos, los centros ya existentes, como el CRM en Cataluña, podrían estar vinculados al CNM, al nivel que se considere conveniente.

El CNM se configuraría en torno a los siguientes objetivos:

- Convertirse en referencia natural de las Matemáticas en España, dando cobijo a Sociedades, publicaciones matemáticas, etc.
- Disponer de unos fondos bibliográficos e informáticos que permitan a nuestros investigadores acceso adecuado y en las mejores condiciones a recursos tanto bibliográficos como computacionales.
- Realización, de acuerdo con las prioridades del programa nacional, de:
 - Trimestres/Semestres Temáticos en áreas de especial interés y relevancia;
 - Escuelas especializadas dirigidas a jóvenes investigadores;
 - Conferencias y Congresos.
- Fomentar la interacción de las matemáticas con los sectores industriales, tecnológicos y financieros.
- Servir de catalizador, impulsor y facilitador de cualquier otra acción que pueda considerarse prioritaria desde el programa nacional.
- Fomentar la cooperación internacional y en especial con los países de la Unión Europea y Latinoamérica, en este último caso, contando con la colaboración de la AECL.
- Dar mayor visibilidad a la matemática española en el contexto internacional.
- Fomentar la cooperación y coordinación con las actividades de los diversos centros e institutos del país.

El CNM interaccionaría con centros similares de los países de la UE y estaría encuadrado en la comisión European Research Centres of Mathematics (ERCOM) de la EMS.

La financiación del CNM se garantizaría a través de:

- Los fondos asignados para ello por los Planes Nacionales.
- Los fondos captados de los diversos concursos públicos nacionales y autonómicos (acciones complementarias, becas postdoctorales, estancias en régimen sabático, acciones de infraestructura, etc.).
- Fondos captados con convenios de cooperación con las Comunidades Autónomas (CC.AA.) y otros organismos (como el INE y los Institutos autonómicos de Estadística).
- Los fondos captados de los Programas Europeos de I+D+I (Programas Marco, ESF).
- Los convenios con Fundaciones y Organismos públicos o privados.
- Los acuerdos de colaboración con las sociedades matemáticas españolas, la Sociedad Matemática Europea, y otras sociedades internacionales y consorcios científicos.
- Fondos conseguidos mediante acuerdos con empresas.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

5.1 Recursos humanos

a) Becas predoctorales.

Son habituales las peticiones de becas predoctorales en los proyectos presentados en Matemáticas, y se observa una alta capacidad de formación de investigadores en los grupos solicitantes, manifestado en el número de tesis doctorales defendidas cada año, con una calidad media apreciable y en las publicaciones internacionales a las que éstas dan lugar. Este programa debe primar de una manera decidida los grupos de excelencia y los grupos más innovadores.

b) Doctorados de calidad.

El programa de doctorados de calidad puede suponer un elemento de estímulo en un mercado caracterizado por la escasa demanda, y una excesiva oferta con pocos elementos de auto-crítica y renovación.

c) Puestos especiales de investigador y apoyo a los investigadores de mayor impacto.

Los profesores dedicados a la investigación deben combinar sus esenciales deberes docentes con una serie de tareas que tienen una complejidad creciente si el éxito acompaña sus esfuerzos investigadores: además de las publicaciones fruto de su investigación, se añade la dirección de tesis, organización de congresos, elaboración y gestión de proyectos, asistencia a eventos, participación en comisiones de asesoramiento científico y evaluación, y el no menos importante de escribir monografías o dirigir publicaciones de prestigio internacional. Tal acumulación de tareas puede asfixiar la creatividad de los investigadores más activos, haciendo desaparecer su tiempo disponible para la investigación. En algunos países de nuestro entorno se han tomado iniciativas de bajo coste y gran impacto consistentes en financiar la liberación parcial de las cargas docentes de dichos profesionales mediante subvenciones a las universidades a las que pertenecen. Por otra parte, el Centro Nacional de Matemáticas debería contribuir a financiar y acoger a estos investigadores de modo que puedan realizar su trabajo en condiciones óptimas de concentración y dedicación.

d) Becas y contratos postdoctorales.

Como en el caso de las becas predoctorales, sería deseable una mejor coordinación con las becas y contratos ofertados por otros organismos, a fin de que los recursos se repartan adecuadamente.

e) Sabáticos y estancias cortas.

f) Becas de iniciación a la investigación.

Nuestros estudiantes universitarios reciben muy escasa información sobre el mundo de la investigación en general y en particular sobre los recursos existentes para su incorporación al mismo. En este sentido las becas de iniciación destinadas a los alumnos de segundo ciclo son una herramienta esencial.

g) Reactivación de los programas bilaterales con los Estados Unidos.

Recuperar los programas de cooperación cultural y científica con este país, productor del 40% de las Matemáticas mundiales, y con el que un número apreciable de grupos españoles mantienen relaciones. Estos programas podrían extenderse a otros países significativos.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

Dada la notable relación de las matemáticas actuales con las aplicaciones, existe una gran inquietud y una creciente actividad en el mundo académico para conseguir una mayor interacción con el sector empresarial, siguiendo el ejemplo de otros países avanzados. Es un tema innovador de no poca dificultad dada la aún escasa tradición existente en el tejido industrial y social español, pero se han dado avances considerables en campos como la modelización y computación industrial, el ámbito de la información y la comunicación, el análisis económico y financiero y la utilización de la estadística en las ciencias experimentales y en las ciencias sociales.

El Centro Nacional de Matemáticas contribuiría a fortalecer los lazos entre las universidades y centros de investigación y las empresas.

5.3 Cooperación internacional

España necesita en Matemáticas consolidar su cooperación internacional, que ya existe y es abundante, pero fundamentalmente se trata de contactos personales o de grupos pequeños. Se precisan medidas en los siguientes sentidos:

- Reforzar las ayudas a los grupos españoles para su inclusión en Redes europeas, y en los proyectos internacionales de la UE tendentes a fomentar la presencia en América Latina y Asia.
- Reforzar las acciones bilaterales por medio de acciones integradas.
- Habilitar medidas que favorezcan la gestión de los proyectos europeos.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

A pesar del desarrollo notable de las matemáticas en nuestro país y de su creciente implicación en la ciencia, la tecnología y la economía, existe aún un problema evidente de comunicación al público de esta realidad que afecta en consecuencia a la falta de vocaciones científicas. Las medidas que aumenten la apreciación pública de las Matemáticas deberían pues ser priorizadas, como se ha puesto de manifiesto en la reciente ponencia sobre "La problemática de la enseñanza de las ciencias en la educación secundaria", desarrollada en el Senado en colaboración con las sociedades científicas.

La adopción de medidas que fortalezcan la implantación social de las sociedades matemáticas, las cuáles editan revistas y realizan actividades con contenidos dirigidos a estudiantes y profesores, ayudarían a crear un clima favorable a la investigación al atraer la atención de los potenciales investigadores del futuro. Debido a lo reciente de su desarrollo matemático, España aún tiene un muy escaso sistema de premios y otros tipos de incentivos y reconocimientos sociales que son un motor adicional de la vida social científica en otros países de nuestro entorno.

Evidentemente, el CNM debería constituirse también como una de las herramientas impulsoras de todos estos procesos e iniciativas.

Por otra parte, el fomento de encuentros de jóvenes con investigadores relevantes en Matemáticas es una actividad a desarrollar, al estilo de los programas lanzados por la National Science Foundation (NSF) de los EEUU.

6 Relación con otros programas nacionales

Las Matemáticas poseen un carácter marcadamente transversal, y en ese sentido, el Programa Nacional de Matemáticas tiene intersección con todo el Plan Nacional. Conviene también subrayar la ubicuidad y la utilización generalizada de las herramientas y técnicas del análisis y simulación numérica, de la estadística y de la optimización, cuya complejidad creciente, a pesar de la aparición sistemática de paquetes comerciales, exigen la intervención de expertos con una profunda y creciente formación matemática.

A título de ejemplos, están serían algunas de las áreas de intersección de las Matemáticas con otras áreas del Plan Nacional:

Área de Ciencias de la Vida

- Resonancia magnética, aplicaciones a la dinámica del cerebro.
- Fisiología (comportamiento de tejidos, auto-organización celular, movimiento de microorganismos).
- Diagnósticos usando inferencia estadística. Modelos de supervivencia.
- Aspectos geométricos de las bio-membranas.
- Modelos geométricos en plegamiento de proteínas.
- Reconocimiento de imágenes. Métodos de clasificación.
- Aspectos matemáticos del genoma.
- Bioestadística.
- Modelos matemáticos en Biología y Medicina.
- Crecimiento de tumores.

Área de Ciencias y Tecnologías Agroalimentarias y Medioambientales

- Modelos oceánicos y atmosféricos (mecánica de fluidos, complejidad, fenómenos caóticos).
- Modelos estadísticos de evaluación medioambiental.
- Modelización y control de recursos hídricos, minerales del subsuelo y contaminantes.
- Detección de recursos mediante técnicas de problemas inversos.
- Modelos matemáticos de desertización, incendios forestales.
- Análisis de fenómenos sísmicos.

Área de Ciencias del Espacio, Matemáticas y Física

- Cosmología (tratamiento de datos masivos, EDP en modelos de explosiones estelares).
- Aplicaciones de la geometría y la topología a la física de partículas, teorías gauge y teoría de cuerdas, relatividad general y gravitación.

- Cálculo de órbitas y trayectorias (control y sistemas dinámicos).
- Nanotecnología.
- Computación cuántica.

Área de Energía

- Plasma (confinamiento y dinámica).
- Problemas de combustión.
- Modelos de predicción de demanda y oferta de energía.
- Tratamiento de desechos nucleares.
- Estudio de energías alternativas.

Área de Química, Materiales y Diseño y Producción Industrial

- Modelización de la química de la combustión.
- Modelización en motores de combustión interna, motores industriales, turbinas de gas.
- Búsqueda de nuevos materiales (teoría constitutiva).
- Control estadístico de la calidad. Fiabilidad.
- Gestión de la producción en entornos globalizados.
- Geometría y cristalografía: estudio de configuraciones y redes periódicas, empaquetamientos de esferas, etc.
- Problemas variacionales de geometría en el estudio de interfases, espumas, capilaridad, etc.
- Control mediante materiales y sistemas inteligentes.
- Diseño y control molecular mediante tecnología laser.
- Fluidos multifásicos en la industria farmacéutica e ingeniería.
- Agregación, fragmentación y formación de proteínas.
- Estudio y diseño de materiales estructurados a escala nanométrica.

Área de Seguridad y Defensa

- Modelos de investigación operativa para la defensa.
- Procesado de imágenes.
- Simulación numérica de explosiones.
- Algoritmos geométricos en cartografía.
- Criptografía de clave privada y pública.

Área de Tecnologías de la Sociedad de la Información

- Tratamiento de señales.
- Teoría de la información. Comunicación digital.
- Codificación y criptografía.
- Tecnología musical. Reconocimiento del habla.
- Procesamiento de imágenes y visión por ordenador.
- Compresión de imágenes y datos.
- Gráficos por ordenador.

- Modelos de tráfico de datos en internet. Minería de datos.
- Modelos estocásticos en redes de sistemas informáticos.
- Sistemas de información y toma de decisiones.
- Modelos criptográficos para la seguridad en internet.

Área de Transporte y Construcción

- Tráfico aéreo: control y computación.
- Robótica (mecánica geométrica, control).
- Modelos de investigación operativa y programación en grandes sistemas de transporte.

Área de Humanidades, Ciencias Sociales y Económicas

- Matemáticas financieras.
- Economía matemática.
- Teoría de la decisión y teoría de juegos.
- Métodos estadísticos en las ciencias económicas y sociales.
- Métodos de optimización y matemática discreta en el cálculo económico.
- Métodos de predicción. Análisis de encuestas.
- Métodos algebraicos en el estudio de estructuras lingüísticas.
- Dinámica de poblaciones.
- Matemáticas y política (sistemas de votación, índices de poder).

Programa Nacional de Física

1 Ámbito del programa nacional

La trayectoria del área de Física a través de los distintos Planes Nacionales de I+D+I, puede considerarse como satisfactoria. El nivel y competitividad de los grupos españoles en el área es bueno, como se deduce de las estadísticas comparativas con otras áreas y países (impacto por encima de la media internacional, mantenido de forma continuada, bastante por encima de otras áreas científicas en España).

El área de la Física ha mantenido una perspectiva generalista, abierta a todos los investigadores del área, pero con unos criterios de excelencia bien definidos. Esta combinación, carácter generalista y distribución de recursos en base al nivel de calidad de los proyectos presentados, ha resultado muy positiva. Es de destacar, también, el hecho de que el área ha mantenido una actitud abierta hacia proyectos en temas interdisciplinares o novedosos.

Por todo ello, en el nuevo Plan Nacional el Programa Nacional de Física mantiene las características principales que ya poseía el área. Éstas se resumen como sigue:

- Carácter generalista, abierto a todos los investigadores en el área de Física.
- Énfasis en la calidad y competitividad de los proyectos presentados, con atención a proyectos innovadores en la temática del grupo que los presenta y en áreas deficitarias de oportunidad.
- Inclusión de temas de carácter interdisciplinar, manteniendo los criterios de calidad.

El Programa Nacional de Física incluye los campos habituales de la física, homologados internacionalmente:

- Física de átomos, moléculas y agregados.
- Física estadística y física no lineal.
- Física de fluidos.
- Física matemática.
- Física de la materia condensada.
- Física nuclear y física de las interacciones fundamentales.
- Óptica.
- Física de plasmas.
- Electrónica.

Cada uno de estos campos, a su vez, abarca aspectos que van desde la modelización e investigación teórica a las aplicaciones concretas. La clasificación en campos propuesta no excluye otras clasificaciones en torno a aspectos específicos de los métodos o aplicaciones de la investigación: física médica, física computacional, físico-química, física de sistemas nano- y mesoscópicos, biofísica, ...

2 Justificación de la priorización del programa

La Física es una disciplina básica tanto desde el punto de vista de ampliación del conocimiento fundamental de los fenómenos naturales, como por las nuevas aplicaciones y tecnologías que han surgido de los laboratorios de investigación en Física. La Física constituye el paradigma mejor estudiado donde las técnicas matemáticas y la investigación experimental se complementan para ofrecer un conocimiento preciso de muchos procesos de interés. Esta comprensión cuantitativa abarca situaciones tan diferentes como la gravitación, la conducción eléctrica, o fenómenos colectivos como la cristalización o la superconductividad. El éxito de la Física en la explicación de fenómenos que ocurren a escalas de tamaños y complejidad muy diferentes ha servido de modelo a otras disciplinas.

La precisión de las técnicas experimentales desarrolladas para el estudio de problemas de Física ha tenido aplicaciones en muchos campos y constituye la base de diversas tecnologías, desde la electrónica hasta muchos aspectos de la medicina actual. El proceso de transferencia de conocimientos desde la investigación básica a las aplicaciones prácticas se sigue acelerando en la actualidad. Es fácil identificar tecnologías de uso generalizado que se basan en procesos que eran estudiados en laboratorios de investigación básica hace cinco o diez años, o que se derivan de técnicas de medida de alta precisión desarrolladas para su utilización en investigación fundamental.

La comunidad investigadora española en Física tiene, como se mencionó en el apartado anterior, un nivel de excelencia adecuado, y existen muchos grupos muy competitivos a nivel internacional. El número de investigadores es reducido en comparación con países de nuestro entorno, y ello implica que no todos los campos se cubren por igual. En la actualidad existe un equilibrio razonable, similar al existente en otros países desarrollados, entre los aspectos teóricos y experimentales.

3 Estructura y objetivos del programa

En lo referente a objetivos, este programa debe centrarse en los siguientes:

- a) Continuar con una financiación generalista, con criterios de excelencia, de cualquier proyecto de alto nivel que encajara en el área de la Física.
- b) Desarrollar algunas acciones estratégicas en temas específicos, en coordinación con otros programas del Plan Nacional.

A continuación se desarrolla cada uno de estos aspectos:

- a) Financiación generalista:

Apertura del programa a todos los proyectos relacionados con la física, de calidad suficiente.

El apoyo, a través de acciones complementarias, de reuniones científicas nacionales e internacionales debe contribuir a consolidar foros de calidad, con impacto internacional, y de utilidad para el mayor número de científicos posible. Hay que destacar el interés de las reuniones y los foros, de ámbito nacional, con énfasis en temas de mucha novedad.

La asignación de personal, técnicos, estudiantes y postdocs debería servir para apoyar especialmente los grupos más competitivos y de más alto nivel.

Se deben desarrollar criterios generales para fomentar y procesar proyectos de carácter interdisciplinar.

Conviene favorecer la apertura de nuevos campos manteniendo un criterio riguroso de calidad.

b) Acciones estratégicas.

- Acción Estratégica transversal en nanociencia y nanotecnología, que implica también a los Programas Nacionales de Materiales, Diseño y Producción Industrial y Tecnologías Electrónicas y Comunicaciones, y que se desarrolla de forma común a todos ellos.

El programa se estructura en los campos relacionados en la primera sección. De ningún modo éstos deben considerarse como independientes. Las conexiones entre los diferentes campos de la Física son muy diversas. La clasificación que se presenta, si bien una de las posibles, corresponde a una de las más extendidas. En todos los campos existen en España importantes grupos de investigación. A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de estos campos.

Física de átomos, moléculas y agregados

La Física de los átomos y las moléculas constituye la base para entender la estructura de la materia macroscópica en todos sus estados de agregación. Además, sólo entendiendo las moléculas se entiende la química. Hay varios aspectos concretos en los que la Física atómica y molecular está en la frontera de la investigación actual. Las moléculas son sistemas lo suficientemente pequeños como para poder estudiar de forma detallada su interacción con modernos láseres con pulsos de duración de femtosegundos.

La aplicación de las técnicas de la Física molecular a agregados atómicos de tamaño intermedio entre la molécula y el sólido constituye un tema de enorme interés. Estos agregados se caracterizan por el hecho de que sus propiedades varían a veces de manera abrupta con el tamaño, lo que les hace interesantes como posibles componentes con propiedades a medida en diversos dispositivos. Así, la Física molecular enlaza con la nanociencia, un área que cuenta con programas de investigación prioritarios en la UE, EE.UU., Japón y otros países avanzados, y que también está contemplada en otros programas nacionales.

Los avances en la Física molecular computacional están empezando a ser de gran utilidad para la biología molecular, con lo que su incidencia y utilidad para el Programa Nacional de Biología fundamental es más que probable. Por otra parte, el atrapamiento experimental de átomos aislados podía tener relevancia en la futura computación cuántica.

Física estadística y no lineal

La Física estadística y no lineal (FENL), entendida en un sentido amplio, constituye un marco interdisciplinario dentro del cual se abordan problemas de muy distinta naturaleza y que incluyen sistemas propiamente físicos a todas las escalas, y sistemas químicos, biológicos, geológicos, económicos y sociales. Está caracterizada por un marco teórico y una metodología que han demostrado ser altamente fructíferos para abordar problemas de gran complejidad aparente. El desarrollo de este marco general y su aplicación a problemas específicos tiene una incidencia directa sobre el conocimiento científico tanto a nivel fundamental como aplicado. Ello se manifiesta en el significativo aumento que en los últimos años han experimentado las secciones específicas que le dedican las revistas generales.

Física de fluidos y de plasmas

La física de fluidos, en la actualidad, cubre temas de interés básico y de gran dificultad, como el estudio de la turbulencia. Otros ámbitos importantes lo constituyen las aplicaciones resultantes de la dinámica de procesos de combustión y de procesos de convección, así como la investigación de problemas que aparecen en el estudio de sistemas naturales como la dinámica de la atmósfera y los océanos.

Estos estudios han conducido al desarrollo de técnicas de modelización muy avanzadas, como el desarrollo de la teoría del caos, o la computación a gran escala. Los plasmas presentan dificultades específicas, pero su comprensión es básica para el diseño de reactores de fusión, o para nuevos dispositivos aceleradores de partículas o nuevos tipos de láseres, como el láser de electrones libres.

Física matemática

La Física matemática proporciona herramientas que posibilitan y unifican el trabajo teórico en todos los aspectos de la Física. Por ello sus técnicas ofrecen un espectro muy amplio, que incluye aspectos muy diversos de las matemáticas, a cuyo progreso contribuyen. Como ejemplos, se pueden citar el estudio de modelos exactamente solubles o el estudio de defectos topológicos en Física estadística y Física de la materia condensada, los estudios de soluciones de las ecuaciones de la relatividad general en cosmología, y los numerosos avances realizados en teoría de campos, que incluyen la reformulación y ampliación de las teorías gauge de las interacciones entre partículas elementales, la generalización de las simetrías de estas teorías (supersimetrías), y la teoría de cuerdas.

Física de la materia condensada

La Física de la materia condensada es quizá el campo que incluye la fracción más grande de físicos a escala nacional e internacional. Llamada anteriormente Física del estado sólido, incluye temas tan diversos como los semiconductores, el magnetismo y la superconductividad. Los métodos que se utilizan van desde las grandes instalaciones, necesarias para la producción de radiación sincrotrón o haces de neutrones, hasta las técnicas de observación de átomos, o los experimentos "caseros" en medios granulares. Una parte importante de la física de la materia condensada es la modelización de los fenómenos observados, que también involucra un espectro muy amplio de métodos.

Los avances en este campo pueden tener repercusiones en otros ámbitos de la Física, así como en otras disciplinas. Como ejemplos recientes de avances de importancia tanto en su aspecto básico como por sus aplicaciones, podemos destacar el microscopio de barrido electrónico, la superconductividad de alta temperatura, el efecto Hall cuántico, o la magnetorresistencia colosal.

Física nuclear y de las interacciones fundamentales

La física nuclear está en la base del desarrollo de la sociedad moderna, desde la generación de energía hasta la utilización de isótopos, naturales o de vida corta, en técnicas biomédicas o alimentarias. Muchos son los ámbitos en los que es preciso avanzar. En el contexto experimental es preciso obtener un mejor conocimiento y utilización de la espectroscopia nuclear y de los procesos nucleares básicos, utilizando una amplia infraestructura experimental que incluye desde pequeños laboratorios de investigación hasta laboratorios internacionales de gran escala con una elevada implicación europea. Ampliando el contexto al ámbito teórico cabe destacar la necesidad de realizar estudios de alto spin, y de estructura de núcleos exóticos y superpesados, así como de la producción y manipulación de haces radiactivos y de la exploración del diagrama de fases de la materia nuclear.

La investigación de los procesos fundamentales de la naturaleza abarca desde la cosmología hasta las propiedades de partículas elementales. Por ello las técnicas experimentales, observacionales y teóricas utilizadas son muy variadas. Entre otros avances recientes, podemos destacar las medidas de gran precisión de la constante de estructura fina, la generación de plasmas de quarks, o la comprensión detallada de las propiedades de los neutrinos solares. En el campo teórico, se han producido progresos muy interesantes en la comprensión de la estructura del universo, la teoría de supercuerdas, o el análisis de las propiedades de partículas elementales mediante cálculos numéricos a gran escala.

Óptica

El objetivo de la Óptica es el estudio de la fenomenología asociada con la generación, propagación, manipulación y detección de haces de luz. Por luz se entiende no sólo la luz visible, sino el amplio espectro de radiaciones electromagnéticas comprendidas entre las microondas y los rayos X blandos. Está bien establecido que el control de las ondas electromagnéticas, o, si se quiere, la capacidad de generar ondas electromagnéticas coherentes, constituye un potente motor de desarrollo científico y tecnológico. Las propias leyes de la física han marcado el desarrollo histórico en el sentido de que el control se ha ido alcanzando para radiaciones cada vez de mayor frecuencia: ondas de radio, microondas (máser), radiación visible (láser). Actualmente los esfuerzos se dirigen, a lo largo de varios frentes, hacia el control de frecuencias cada vez mayores (ultravioleta, rayos X,...).

La Óptica tiene una enorme repercusión en muy diferentes áreas científicas y tecnológicas avanzadas, ya que continuamente está expandiendo los límites de lo que es posible observar. Tiene por ello la consideración de "enabling technology" o área horizontal y ocupa un lugar destacado en las políticas de I+D+I de los países desarrollados.

Electrónica

El estudio y diseño de nuevos dispositivos con aplicación en la electrónica es un campo desgajado de la física de la materia condensada. El amplio conocimiento acumulado de las propiedades de materiales semiconductores como el silicio, germanio, y arseniuro de galio, hace que las aplicaciones basadas en ellos estén mucho más desarrolladas que las que utilizan otros materiales. Ello hace posible, en la actualidad, el diseño de dispositivos de escalas de micras o menores, con propiedades nuevas con respecto a los circuitos tradicionales. Entre otros temas, se investiga en la actualidad la miniaturización de circuitos, la aplicación al desarrollo de elementos para la computación cuántica, o el diseño de aparatos de medida de muy alta precisión.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

Existe una comunidad muy activa de usuarios de centros de muchos tipos: sincrotrones, rayos X, dispersión de neutrones, ... El diseño de nuevos centros, y la gestión de los ya existentes requiere de la participación activa de expertos del área.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

Es importante promover acciones horizontales como las que se describen a continuación:

- i) Difusión, validación, y popularización de resultados de interés de la investigación.

Existen experiencias internacionales que indican la utilidad de que se articulen fuentes locales que hagan llegar a los medios de comunicación, de una forma suficientemente clara, los resultados de más impacto obtenidos en la investigación científica. La existencia de una fuente próxima y con credibilidad suficiente facilita la comprensión y asimilación de la Ciencia por la sociedad.

ii) Apoyo al intercambio de información y recursos para computación científica.

Existen experiencias muy positivas, a escala local, de compartir experiencias de gestión de recursos para la computación científica. En este sentido, y al margen de otras iniciativas de más alcance que se puedan tomar, es deseable la extensión de estas actuaciones. Existen muchos equipos de investigación en Física que utilizan equipos medios, gestionados de forma autónoma. El programa nacional favorecerá la existencia de un centro de asesoramiento y apoyo técnico a estos grupos. Ello permitirá optimizar la utilización de los muchos recursos que, en estos momentos, se dedican al cálculo científico en el ámbito de Física. El desarrollo de una iniciativa pionera, pero modesta en su ámbito, en esta área puede también servir para estimar las posibilidades de acciones de este tipo a más escala. En particular:

- Apoyar los gastos de construcción, mantenimiento y adquisición de software de clusters de PCs con la obligación de prestar asesoramiento y soporte a nuevos grupos que pretendan implementar esa solución.
- Apoyar la integración de la potencia de cálculo disponible en iniciativas GRID (p.ej. IRIS-GRID) en cooperación con otros programas nacionales, así como proyectos de centros de e-ciencia en el contexto GRID.

6 Relación con otros programas nacionales

El Programa Nacional de Física tiene relaciones importantes con los Programas Nacionales de Materiales, Astronomía y Astrofísica, y Física de Partículas. Existen temas muy básicos y tradicionales de la Física, como el estudio del magnetismo y la superconductividad, que también se relacionan con el Programa Nacional de Química. La nanociencia y la nanotecnología solapan también con el Programa Nacional de Tecnología Electrónica y de Comunicaciones. El estudio de sistemas complejos implica una investigación interdisciplinar que incluye áreas de matemáticas, biología, recursos naturales, economía, y sociología. La instrumentación desarrollada en laboratorios de Física se utiliza en muchos campos de la ingeniería, la biología y la medicina.

Los criterios usados para la evaluación de muchos proyectos que se presentan en este programa y los mencionados anteriormente son muy similares, al darse a conocer los resultados de la investigación en las mismas revistas y reuniones científicas. Por ello, es importante la existencia de criterios homogéneos.

Área de Química, materiales y diseño y producción industrial

Programa Nacional de Energía

1 Ámbito del programa nacional

El sector energético constituye por sí mismo una parte importante de la actividad económica, siendo un servicio imprescindible para la vida diaria de los ciudadanos y que incorpora un valor estratégico innegable al resto de los sectores de la economía. A su vez cubre un amplio espectro en la actividad económica, desde la explotación de los recursos naturales hasta su utilización final en la industria, servicios, residencial y transporte. La generación energética, su transformación, almacenamiento, transporte y distribución cubren un ámbito industrial potente, y cada vez es mayor la actividad industrial relacionada con la fabricación a escala mundial de bienes de equipo y servicios utilizados en todo el proceso energético. Con estas premisas y considerando, simultáneamente, el interés del sector en la política energética y en la política tecnológica, su enfoque dentro de la perspectiva de la ciencia y la tecnología debe hacerse de forma que contribuya a alcanzar un desarrollo sostenible mediante el cual las legítimas aspiraciones de crecimiento económico y bienestar social de los pueblos se consiga sin un despilfarro de los recursos naturales y conservando el medio ambiente. Debe abordarse un planteamiento de I+D+I en aquellos ámbitos en los que, existiendo una determinada capacidad nacional de investigación y desarrollo, se precise una evolución acorde con las políticas nacionales, potenciando al máximo la capacidad tecnológica del país, por lo que el Área de Energía estará constituida por un solo Programa Nacional de Energía dividido en las dos prioridades temáticas y el Subprograma de Fusión Termonuclear siguientes:

- a) El desarrollo de formas y usos convencionales de la energía para que sean más eficientes y aceptables medioambientalmente.

Optimizando las tecnologías desde su origen hasta su uso final, impulsando el desarrollo de otras que reduzcan su impacto ambiental en el ciclo productivo, potenciando las que garanticen mayores eficiencias y mitiguen la producción de gases de efecto invernadero, incrementando la seguridad de las centrales nucleares y solucionando la problemática relacionada con la gestión integral de los residuos radiactivos, mejorando la calidad de los carburantes derivados de los productos petrolíferos o desarrollando nuevos carburantes para el transporte compatibles con las infraestructuras actuales, haciendo un uso limpio del carbón en aplicaciones como la combustión o la gasificación e impulsando sistemas avanzados de transformación y aprovechamiento conjunto del calor y la electricidad, todo ello dentro de un marco de eficiencia energética. Este grupo de temas tiene su mayor componente en la investigación aplicada, acompañado de desarrollos tecnológicos y demostración en menor escala y requiere una alta componente de investigación competitiva ligada a productos y calidad de servicio.

- b) El fomento de las energías renovables y de las tecnologías emergentes, que permitan un suministro energético seguro y eficiente y con criterios de rentabilidad mediante la diversificación de las fuentes y de su procedencia geográfica.

Potenciando su introducción en el sistema energético nacional, reduciendo los costes de fabricación de los bienes de equipo destinados a tal fin, optimizando la relación eficiencia y costes

de producción y explotación y garantizando su integración en el sistema energético, fomentando energías renovables para generación eléctrica, hoy, en distintos grados de desarrollo como eólica, solar o biomasa. Introduciendo igualmente los nuevos sistemas de almacenamiento y transporte de energía, como el hidrógeno, vector energético aplicable al transporte y a usos estacionarios y mejorando las posibilidades ofrecidas por sistemas innovadores como las pilas de combustible. En este agrupamiento se requiere intensificar el desarrollo tecnológico para acompañarlo de investigación, en todas sus modalidades, y demostración para facilitar su implantación industrial y en el mercado.

- c) La contribución en la investigación y el desarrollo de la fusión termonuclear promovido desde la Unión Europea, empleando las grandes instalaciones nacionales como el Stellarator TJ-II, la instalación de fusión europea JET y cooperando de forma activa en la instalación internacional ITER desde la fase inicial en la que se encuentra hasta su construcción y posterior operación y experimentación. Su especial situación requiere que estas actuaciones se configuren como un subprograma específico, en el que la investigación básica dirigida debe ser el eje principal de atención.

2 Justificación de la priorización del programa

2.1 Criterios científicos

- a) La investigación en energía es de carácter horizontal con una gran incidencia en otros campos de la actividad humana y al mismo tiempo con una dependencia absoluta de otros elementos de la cadena del conocimiento. Su relación con las Ciencias de la Tierra en lo referente a la obtención de recursos energéticos es igualmente importante, en la actualidad, para la ubicación de residuos y para el secuestro del CO₂. La ciencia de los materiales tiene una importancia decisiva no sólo en lo referente a los materiales estructurales de altas prestaciones que se requieren en las distintas etapas productivas, sino también como elementos básicos en algunos procesos de índole catalítica, electrocatalítica, semiconductores, superconductores, aisladores, etc. La evolución requerida en energía para adecuarse a la demanda socioeconómica actual obliga a profundizar en temas muy diversos, como pueden ser la fotocaptación física y química, las microestructuras, la electrocatalisis y la biocatalisis, la física del plasma, la superconductividad como áreas de conocimiento más actuales. Pero también se precisa esta profundización en otras áreas que sin ser tan actuales aún requieren mayores esfuerzos para comprender y mejorar el aprovechamiento de múltiples fenómenos, como la fluidodinámica del aire y de las aguas marinas, la fisión nuclear, la absorción en materiales complejos, etc. Esta múltiple y fuerte conexión con otras disciplinas científicas va a contribuir a incrementar la capacidad científica nacional.
- b) El sistema científico nacional ha dispuesto desde hace más de cincuenta años de grupos de investigación de calidad en la antigua Junta de Energía Nuclear, transformada en el actual Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT). Este centro promovió, no sólo su propia actividad, sino al mismo tiempo un elevado número de grupos de investigación en distintos departamentos tal y como ocurre en el presente en relación con la máquina de fusión TJ-II. Gran parte de ellos se mantienen activos con sus iniciativas propias. La existencia del Plan de Investigación Energético, incluido en los Planes Energéticos Nacionales, promovió otros grupos universitarios en disciplinas energéticas distintas de la nuclear. Esto ha conducido a la existencia de departamentos universitarios e institutos de investigaciones con una participación muy activa, no sólo en los programas nacionales sino también en los distintos Programas Marco de la Unión Europea.

- c) La energía es un área de trascendental importancia en el contexto internacional. La Unión Europea dota a este sector de un presupuesto que supone el 10% del presupuesto del VI Programa Marco, tanto en la parte de las Comunidades Económicas como del Euratom. La Agencia Internacional de la Energía mantiene una actividad continuada, impulsando la investigación y el desarrollo en el sector energético acorde con las estrategias internacionales, dentro de los países desarrollados para reconducir los desequilibrios encontrados como consecuencia de los múltiples factores socioeconómicos que van surgiendo a lo largo de la historia. Estos programas de I+D+I requieren la participación activa de todos aquellos países interesados en cada uno de ellos. En este sentido, España, bajo la cooperación de grupos de investigación y de instituciones como el CIEMAT y el INTA, viene participando desde hace más de una década en diferentes programas específicos y tareas. La Agencia de Energía Nuclear de la OCDE también promueve múltiples programas y proyectos internacionales. El Organismo Internacional de Energía Atómica de las Naciones Unidas marca estrategias de investigación dentro del sector de la energía nuclear y de la protección radiológica. Con independencia de estas iniciativas internacionales, cada uno de los países industrializados mantiene extensos programas públicos y privados, que incluso abren a otros países y en los que han participado grupos españoles.

2.2 Criterios tecnológicos

- a) Históricamente la energía ha sido el impulsor de la industria desde los principios de la era industrial. Primero lo fue el carbón, después el petróleo, se pasó por la energía nuclear y en la actualidad lo está siendo el gas natural y en el presente y en el futuro lo serán las energías renovables, el hidrógeno y la fusión termonuclear. Siempre la energía ha estado relacionada con el avance científico y ha promovido múltiples investigaciones. Cítese a modo de ejemplo la contribución que los derivados del refino del petróleo ha hecho en la industria petroquímica, la aplicación de la física nuclear en medicina, la introducción de la electrónica gracias a la electricidad. La energía ha sido elemento determinante en la impulsión de vehículos espaciales y al mismo tiempo la energía es absolutamente necesaria en la mayoría de laboratorios, procesos industriales y actividades económicas, como elemento básico de funcionamiento y como elemento impulsor de la calidad de vida.
- b) Unido a la participación de la Junta de Energía Nuclear (CIEMAT) en el ámbito científico, su participación en el ámbito tecnológico ha sido también importante como lo demuestra su actuación, como embrión primero y como colaborador posterior, en la creación de la Empresa Nacional del Uranio (ENUSA), del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y de la Empresa Nacional de Residuos (ENRESA), en la actualidad mantiene colaboraciones estrechas con las centrales nucleares en temas de alargamiento de vida y seguridad nuclear. Esta participación continúa con su diversificación al ámbito general de la energía siguiendo en la misma trayectoria de colaboración estrecha desde los comienzos de algunas de las empresas de fabricación de aerogeneradores, en el ámbito de la biomasa, en el terreno de la fotovoltaica y con la Planta Solar de Almería en el terreno de la solar termoeléctrica, y con la reciente creación del Centro Nacional de Energías Renovables (CENER). La orientación de otros centros tecnológicos a algunos temas energéticos, garantiza un cierto soporte a las empresas tecnológicas del país. Los trabajos relativos a energía solar térmica a baja temperatura realizados en el Laboratorio de Sistemas de Energía Terrestre del INTA en Arenosillo han contribuido al fortalecimiento del sector y son el único centro reconocido oficialmente por el MCyT como centro de ensayos de equipos solares térmicos. Igualmente desde este centro, sus experiencias con relación a la tecnología del hidrógeno y las pilas de combustibles supusieron un punto de arranque en el ámbito nacional,

remontándose sus primeras experiencias a 1.989. Otros centros han promovido desde hace más de 25 años acciones de normalización, ensayo y utilización de energías renovables que han sido la base de los planes nacionales y regionales de difusión y promoción de energías renovables.

- c) Las nuevas tecnologías, como son las correspondientes al aprovechamiento de las energías renovables, requieren un continuo impulso a la investigación, desarrollo e innovación que permita su introducción o su despliegue en el mercado tecnológico, en complementariedad con las energías convencionales, para reducir el impacto sobre el cambio climático y los efectos medioambientales. Este esfuerzo en investigación, desarrollo e innovación se debe extender también al sector del transporte, máximo responsable de la producción de dióxido de carbono, mediante la incorporación del vector energético hidrógeno y de las pilas de combustible como sistema cogenerador de calor y electricidad, útil para la introducción de vehículos eléctricos de idénticas prestaciones a las de los motores de combustión interna actuales. Asimismo, se debería extender el uso de las pilas de combustible a la generación de frío, mediante sistemas de absorción y adsorción, muy poco introducidos a la fecha de hoy en todos los ámbitos sectoriales.
- d) El sector energético debe abordar las tecnologías que van desde la generación, más el transporte y el almacenamiento, hasta su uso final, dado el importante papel que juega en la totalidad de actividades productivas y la repercusión del coste de la energía sobre la competitividad de las empresas de todos los sectores productivos y de servicios. La eficiencia energética tiene que convertirse en una norma de aplicación en todo el equipamiento que utilice energía, pero al mismo tiempo la energía debe ser cada vez más económica y accesible. En el sector de la edificación se está realizando una labor importante con la introducción de códigos técnicos que, por un lado contemplan el uso de materiales eficientes y económicos y, por otro, impulsan el uso de sistemas de producción de energía eléctrica y térmica solares. Todavía existe un gran potencial de mejora de la eficiencia y de la calidad medioambiental de las formas y utilizaciones convencionales de la energía que pueden ser explotados a través de la investigación y desarrollo tecnológico.

2.3 Criterios sectoriales

- a) Alrededor de la energía existen dos ámbitos empresariales diferenciados que pueden priorizar la I+D+I del sector con dos orientaciones distintas. El sector productor de energía que abarca desde la explotación de las fuentes energéticas hasta la distribución final de los vectores energéticos correspondientes, incluyendo todos los procesos de transformación. Este sector puede ejercer su actividad con independencia del origen de la tecnología, lo importante para él es la existencia de un mercado suministrador de tecnología, un mercado suministrador de fuentes energéticas y un mercado consumidor de la energía producida. Sin embargo, este sector valora la realización de I+D+I propia cuando le pueda aportar una ventaja competitiva y, en todos los casos, para la necesaria asimilación y mejora de las tecnologías, sean propias o adquiridas. Así, por ejemplo, las empresas del sector petrolero de suficiente tamaño disponen de considerables recursos propios para la I+D+I y son también un cliente de servicios de I+D+I contratados a centros públicos y privados. Al mismo tiempo, existe otro sector en parte ligado a los sectores de fabricación de bienes de equipos y servicios, cuyo papel es el suministrar equipamiento y tecnología al sector productor energético, pero que al mismo tiempo genera una actividad económica de gran importancia socioeconómica. Este último sector no ha tenido mucha relevancia durante el desarrollo industrial del país, pero a medida que éste ha ido alcanzando una cierta solidez industrial se ha llegado a un cierto desarrollo en algunos campos tecnológicos como el eólico y el fotovoltaico. Actualmente este sector tecnológico tiene presencias destacadas en el mercado internacional, o como está despuntando en la actualidad en el ámbito de los biocom-

bustibles y de la energía solar termoeléctrica. Ambos sectores energéticos (el productor y el tecnológico) necesitan priorizar de forma diferente sus intereses en el ámbito de la I+D+I, aunque con elementos relevantes de coincidencia y potenciales sinergias.

- b) El sector energético nacional, al ser totalmente dependiente de la importación de materia prima para garantizar su suministro se ve obligado a la diversificación, por un lado, mientras por otro, las circunstancias climáticas obligan al empleo de tecnologías de menor incidencia climática. Por ello los avances tecnológicos no sólo se orientan hacia la innovación competitiva, sino también hacia la idoneidad con los condicionantes del sector. Existen múltiples ejemplos en los que las circunstancias obligan a impulsar tecnologías no desarrolladas ni disponibles a escala nacional en detrimento de otras disponibles, por lo que se requiere conjugar adecuadamente ambas necesidades: las propias de usar tecnologías avanzadas de interés en la política energética con otras tecnologías avanzadas de interés en la política tecnológica, por lo que sería recomendable utilizar modelos de países en condiciones similares a las españolas, carentes de recursos energéticos que basan su economía en la capacidad tecnológica.
- c) Las oportunidades actuales de la industrial española para alcanzar un liderazgo mundial en el campo de las energías renovables es difícilmente repetible. Por ejemplo, la potencia eólica conjunta instalada en el 2002 por los fabricantes nacionales que pertenecen al grupo de los diez mayores mundiales, los sitúa en tercer lugar, por detrás de una empresa danesa y otra alemana. En fotovoltaica el primer fabricante europeo es español. En estos mercados emergentes, el potencial de creación de riqueza mediante la exportación y la creación de empleo de carácter tecnológico es difícilmente equiparable a cualquier otro sector industrial.

2.4 Criterios de interés público

- a) La sociedad internacional, en el caso de la energía, demanda una serie de condicionantes de carácter general que afectan a todos los países por igual. El Protocolo de Kyoto aconseja reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto obliga a reducir el consumo de combustibles fósiles, potenciando aquellos con menores emisiones, aumentando la eficiencia energética de todo el ciclo de producción y consumo de las energías convencionales e impulsando el uso de tecnologías alternativas, energías renovables y nuclear de fisión o de fusión. Por otro lado, la energía nuclear requiere aumentar su seguridad y garantizar la adecuada gestión de los residuos nucleares para ganar una mayor aceptación social. Las energías renovables requieren reducir sus costes para competir con las energías convencionales. Los sectores públicos se hacen eco de estos condicionantes al mismo tiempo que deben garantizar un suministro a todos los escalones del sector productivo debido a la primordial importancia que tiene la energía en la vida económica, e incluso en la vida social por lo que supone de estrecha relación con la calidad de vida de la población.
- b) Por otro lado, no hay que olvidar la necesidad de continuar con la progresiva disminución de las emisiones contaminantes tradicionales resultado de la combustión (dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos volátiles, partículas sólidas, etc.), mediante el desarrollo de tecnologías que mejoren los equipamientos para la transformación y utilización de las energías. Estas emisiones afectan especialmente a la calidad del aire de zonas urbanas o con alta concentración de actividad industrial. Similares consideraciones pueden hacerse en relación con la afeción a las aguas y al suelo debido a los procesos de obtención y transformación de energías.
- c) A largo plazo, las acciones de I+D+I tecnológicas deben ir guiadas hacia el desarrollo sostenible. Sin embargo, las implicaciones socioeconómicas de la energía exigen que esta transición

hacia los nuevos escenarios energéticos se haga sin comprometer la competitividad económica y los niveles de vida y asistencia social del país. En este puente hacia el futuro, las energías convencionales han de jugar un papel fundamental, aunque deban ir ajustándose tanto como se pueda a criterios compatibles con el desarrollo sostenible. Simultáneamente se tiene que asegurar el suministro energético y garantizar unos precios de la energía que permitan mantener e impulsar la competitividad del sistema productivo nacional.

3 Estructura y objetivos del programa

El Área de Energía tiene como objetivo "generar el conocimiento y las tecnologías necesarias para garantizar un sistema de suministro energético eficiente, respetuoso con el medio ambiente y económico que facilite el desarrollo sostenible y la calidad de vida demandada socialmente". Para dar cumplimiento a este objetivo se considera necesaria la estructuración en dos prioridades temáticas y un subprograma:

Prioridades temáticas:

- Optimización de las formas y utilizaciones convencionales de la energía, para que sean más limpias y eficientes.
- Fomento de las energías renovables y tecnologías emergentes.

Subprograma:

- Fusión termonuclear.

3.1 Optimización de las formas y utilizaciones convencionales de la energía, para que sean más limpias y eficientes

En el campo de las energías convencionales puede decirse que se da una situación en cierto modo contradictoria: estas energías han visto desarrolladas sus tecnologías hasta un nivel altísimo de madurez competitiva, descansando en ellas, en gran medida, el desarrollo económico de los decenios precedentes. Por el contrario, algunas de estas energías no se ajustan totalmente a los principios de desarrollo sostenible, lo cual cuestiona su protagonismo energético a muy largo plazo. El período de transición de la situación actual a un escenario energético renovado, que satisfaga los principios mencionados y a la vez no sea contraproducente para la actividad económica y el bienestar social, constituye el reto más evidente del sector energético en su conjunto, y necesita políticas de I+D+I en varios ámbitos; particularmente, de nuevas tecnologías dentro de las energías convencionales. Ello debería orientarse a hacer posible dicha transición, contando además con los horizontes limitados de reservas que se dan en estas fuentes, así como sus características geopolíticas, que condicionan los mercados de hidrocarburos, aunque no en el caso del carbón o el uranio.

En este ámbito el objetivo fundamental es garantizar el suministro energético de forma económica y respetuosa con el medioambiente con criterios de eficiencia y calidad empleando las fuentes energéticas convencionales e introduciendo las tecnologías necesarias para optimizar su uso. Sería conveniente apuntar en este contexto el interés que tiene, para potenciar el desarrollo sostenible, aprovechar las numerosas instalaciones existentes próximas a la costa para la producción combinada de agua potable y electricidad. A continuación se desarrollan en primer lugar las líneas de actuación relativas a las fuentes de energía y sus tecnologías; y posteriormente los relativos a su transporte y uso final.

Mejora de carburantes para transporte

La fuerte dependencia del sector energético español respecto del petróleo aconseja explotar éste a través de derivados que sean insustituibles, como son los hidrocarburos para el transporte. En tal sentido se ha hecho ya un esfuerzo para reducir o anular en las refinerías españolas la producción de otros derivados (por ejemplo, el fuelóleo). Así mismo se ha hecho un esfuerzo para cumplir la reglamentación medioambiental crecientemente exigente, y en ambas direcciones (mayor eficacia de uso de los derivados petrolíferos, y mayor limpieza) hay que mantener las actuaciones empresariales, propiciando la I+D+I tecnológica acorde a estos fines. En este sentido se deben emprender acciones tales como:

- Desarrollo de nuevos procesos y catalizadores más activos y selectivos que permitan reducir la intensidad energética del proceso de refino y obtener simultáneamente combustibles de mayor calidad medioambiental y mayor eficiencia energética en su utilización final.
- Desarrollo de nuevos procesos que permitan adaptar la estructura de la producción a las tendencias de la demanda de productos para el transporte.
- Nuevos combustibles para el transporte (Gas natural comprimido, GLP, gasoil GTL) que sean compatibles con las infraestructuras existentes hoy día.

Tecnologías de uso limpio del carbón y de productos petrolíferos

El avance de las tecnologías de uso limpio del carbón y de las fracciones más pesadas del petróleo (fuelóleos, coque) ha sido importante en estos últimos años, habiéndose obtenido reducciones en las emisiones de todo tipo (partículas, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, etc.). El caso más señalado es la Gasificación Integrada con Ciclo Combinado (GICC), una de las instalaciones más emblemáticas en el ámbito mundial está en Puertollano (Elcogás).

Así mismo se ha producido una mejora en los rendimientos de las instalaciones, particularmente en el caso de calderas supercríticas. En esto existe una tecnología madura a escala mundial, a la cual tiene acceso nuestro país, por lo que el esfuerzo de I+D+I se debería limitar a buscar los medios económicamente más competitivos para hacer rentables dichas tecnologías.

El mayor inconveniente del carbón y de las fracciones pesadas del petróleo, desde la perspectiva del desarrollo sostenible y los acuerdos internacionales que ha inspirado, es la producción de CO₂. Contra este inconveniente se están planteando diversas posibilidades, aún a nivel muy especulativo, sobre captura y confinamiento (secuestro) del CO₂. La evaluación realista de estas posibilidades es un campo atractivo de I+D+I, pero debe basarse en la estimación correcta de los procesos científico-técnicos que entren en juego. Entre las capacidades de captura del CO₂ se encuentra la biomasa, siempre y cuando se considere como una ampliación de los cultivos existentes.

Las acciones deben dirigirse de acuerdo con las siguientes actuaciones:

- Optimización del funcionamiento de las plantas mediante su adaptación a diferentes combustibles, validación de modelos de simulación, materiales, componentes, repotenciación y ciclo supercríticos.
- Alargamiento de la vida de las plantas, potenciando las técnicas de mantenimiento predictivo, la evaluación en continuo de ciclos de vida, de rendimientos, la influencia de los sistemas de depuración.
- Mejorando los quemadores, los sistemas de inyección de combustible y los sistemas de depuración de humos, de desulfuración de gases, de eliminación de óxidos de nitrógeno y la utilización de las cenizas volantes.
- Proseguir con los desarrollos de procesos relacionados con la GICC con miras a la segunda generación, mejorando su eficiencia, mejorando sus emisiones y reduciendo los costes de la tecnología.

gía y optimizando el rendimiento de la planta. Impulsar la investigación tendente a mejorar el contenido en hidrógeno del gas de síntesis, para su producción con miras a la utilización en pilas de combustible.

- Así mismo es necesario hacer un esfuerzo en lo relativo al control de las emisiones con el desarrollo de equipos de medida y control, con estudios de dispersión y con los efectos de la contaminación y en especial a lo relativo al desarrollo de tecnologías de captura y confinamiento de CO₂.

Fisión Nuclear

El parque nuclear es un elemento clave en la independencia energética, fiabilidad de suministro y en la reducción de emisiones causantes del efecto invernadero. Por eso el Libro Verde de la Comisión Europea "Hacia una estrategia europea de seguridad del abastecimiento energético" propugna mantener abiertas todas las opciones disponibles para generar energía eléctrica, incluida la nuclear. Con independencia del futuro desarrollo de esta fuente de energía, la participación nuclear existente ha de seguir contribuyendo de un modo significativo a la producción de electricidad en el país, al menos durante dos o tres décadas más, en condiciones de seguridad y competitividad.

El objetivo prioritario actual de las actividades de I+D+I es el funcionamiento de las centrales actuales en explotación en las máximas condiciones de seguridad, por lo que los esfuerzos en el ámbito de la fisión nuclear deben moverse en este aspecto. Hay que considerar el esfuerzo económico que en este ámbito están realizando tanto el CSN para la seguridad nuclear y la protección radiológica, ENRESA en residuos radiactivos, el sector eléctrico en ambas áreas, así como en aspectos relacionados con el aumento de disponibilidad a medio y largo plazo de las centrales realizando o participando en amplios programas de I+D+I soportándolos total o parcialmente.

Las actuaciones más significativas en el campo de la seguridad nuclear y la protección radiológica son:

- Garantizar la operación segura de las centrales a largo plazo mediante programas de vigilancia de los componentes y materiales estructurales de las Centrales Nucleares.
- Disponer de los mejores conocimientos y herramientas en métodos y códigos en termohidráulica, accidente severo y Análisis Probabilista de Seguridad (APS) para mejorar seguridad y competitividad.
- Mejorar la seguridad, fiabilidad y competitividad del combustible nuclear.
- Optimizar la explotación del parque nuclear actual por medio de su modernización y mejora del mantenimiento.
- Reducción de la contribución de los factores humanos y la organización al riesgo de las instalaciones. Identificación de razones de percepción actual del riesgo e intervención.
- Reducir la dosis de radiación a personas y medio ambiente.
- Participar en desarrollos en curso de centrales avanzadas y realimentar conocimientos para las centrales actuales.

Y en el campo de los residuos radiactivos:

- Tecnologías básicas de caracterización del combustible, físico-química de actínidos y productos de fisión y transferencia de radionucleidos en la biosfera.
- Tratamiento y reducción de la radiotoxicidad de los residuos de alta actividad (separación y transmutación).
- Sistemas de almacenamiento a largo plazo de residuos de alta actividad.
- Optimización y mejora de los sistemas de gestión de residuos de baja y media actividad.

Poligeneración

La generación simultánea de electricidad y energía térmica útil (en calor, frío, o ambos) es una manera obvia de optimizar el rendimiento de explotación de la energía consumida. En el último decenio, la cogeneración ha experimentado en España un importante despliegue en parte ayudada por la introducción del gas y en parte por el aprovechamiento de la biomasa y otros residuos valorizables energéticamente. En esta generación combinada son utilizables diversos tipos de motores y maquinaria, gran parte de ellos con madurez tecnológica demostrada. Sin embargo, hay posibilidades de ampliar el campo de aplicaciones de cogeneración mediante tecnologías emergentes de integración energética o generación múltiple de energía eléctrica, calor, frío, desalación y/o regeneración de aguas y productos químicos en general. También la producción simultánea de diferentes servicios energéticos en polígonos industriales integrando en este caso hasta el tratamiento de residuos y efluentes. Las ideas de metabolismo y ecología industrial deben ser desarrolladas, incluso combinadas, con sistemas de conversión energética más eficientes como las pilas de combustible o las microturbinas de gas.

De la misma manera, también son importantes los sistemas que emplean mezclas de combustibles orientados a la valorización energética de ciertos productos residuales con altos contenidos energéticos mezclados con combustibles convencionales y/o biomasa e incluso con energía solar.

Eficiencia en el uso final de la energía

Existen una serie de líneas de mejora del rendimiento en los usos finales de la energía por lo que a tecnología se refiere, particularmente en los sectores industriales, residencial y de servicios. La creciente demanda energética en estos sectores aconseja mejorar la eficiencia de uso de los equipos y procesos más significativos en este campo, como son las bombas de calor, sistemas de refrigeración industrial y residencial (compresión de vapor y absorción), sistemas de cogeneración, equipos auxiliares, etc.

Las actuaciones prioritarias dentro de este tema deben orientarse a:

- El desarrollo de tecnologías de bombas de calor, incluyendo la posibilidad de utilizar el terreno como foco frío y el aprovechamiento de energía en la industria mediante sistemas de cogeneración, equipos auxiliares, equipos de absorción, etc. Esta actuación puede concretarse en la utilización de nuevos fluidos refrigerantes, integración de la bomba de calor con sistemas energéticos híbridos, tecnologías de absorción de calores residuales, desarrollo de componentes y de sistemas industriales de alta temperatura.
- La investigación y el desarrollo de herramientas para el diseño de sistemas bioclimáticos, nuevos materiales, almacenamiento energético integrado y desarrollo de nuevos conceptos urbanísticos que permitan mejorar la eficiencia en las edificaciones.
- Producción de calor y frío.

Transporte de energía

De forma complementaria a la transformación de la energía, el transporte es un elemento esencial para garantizar el suministro energético desde los puntos de generación hasta el usuario final. El crecimiento del consumo produce una saturación de los sistemas existentes lo que obliga a ampliaciones de las redes de transporte y distribución o a la modernización de las mismas con equipamiento más avanzado. En este sentido se requieren esfuerzos dirigidos a:

- La mejora del equipamiento existente mediante la automatización de la distribución, de las comunicaciones, de los equipos de protección, control y medida, y con transformadores y aparataje avanzados.
- Mejora de la operación con el desarrollo de modelos de ayuda a la operación de sistemas eléctricos y para la reposición del servicio tras un incidente y mediante el desarrollo de supercon-

ductores como nuevos conductores de bajo costo y altas prestaciones térmicas para aumentar la capacidad del transporte y distribución de energía.

- Mediante el desarrollo y validación de dispositivos superconductores (limitadores de corrientes de falta, cables subterráneos, transformadores, etc.), centros de transformación compactos e integrados y nuevos materiales aislantes

Generación Distribuida / Distribución Activa

En los últimos años se observa una evolución del sector energético caracterizada por la reestructuración y liberalización, el incremento de necesidades energéticas y los avances tecnológicos (menor potencia más eficiente). Además, desaparece la economía de escala en la que se basan los sistemas de generación-transporte-distribución, y los sistemas de generación pasan de concentrarse en un número moderado de grandes instalaciones a integrarse de forma atomizada en las redes de distribución de media y baja tensión. Este nuevo concepto de distribución activa (DA), también conocida como generación distribuida (DG), está emergiendo como un nuevo paradigma de generación-distribución de la energía eléctrica que plantea toda una serie de problemas y oportunidades relacionadas con los servicios, los equipos y las infraestructuras.

Las actuaciones que se abordan en este tema tienen que ver con la generación de energía, con la distribución de energía y con las tecnologías horizontales para sistemas energéticos industriales, comerciales y domésticos, que más concretamente se pueden clasificar en los cuatro bloques siguientes de líneas tecnológicas:

- Integración a gran escala de mini y microsistemas avanzados de generación distribuida de electricidad. Conexión e impacto en la red de: generación eólica, microgeneración con tecnologías de pilas de combustible, microgeneración mediante sistemas fotovoltaicos y plantas mixtas.
- Componentes, sistemas y servicios para la red de distribución activa de electricidad: sistemas de acondicionamiento de red para asegurar la fiabilidad y calidad de la energía, sistemas de protección y medida para MT y BT, sistemas electrónicos de potencia para las nuevas subestaciones y centros de transformación, control de redes y microrredes y gestión y control de generadores y consumidores virtuales.
- Sistemas de almacenamiento de energía que faciliten la integración masiva de fuentes de energía conectadas a la red. (baterías, pilas de combustible regenerativas, ultracondensadores, bobinas superconductoras, volantes de inercia, etc).
- Servicios orientados al mercado eléctrico: servicios de valor añadido para la distribución de electricidad (distribución y clientes), incluyendo gestión de la demanda utilizando generación distribuida, sistemas de gestión y operación de redes, comercio electrónico y telefacturación de los consumos eléctricos (energéticos) para MT y BT y aspectos regulatorios y retributivos de la generación distribuida. Normalización, ensayo y certificación de equipos y sistemas.

3.2 Fomento de las energías renovables y tecnologías emergentes

El objetivo es facilitar los medios científicos y tecnológicos que permitan incrementar la contribución de estas fuentes energéticas de forma eficiente y competitiva para progresar en su integración en el sistema energético nacional. Para reducir la dependencia de las fuentes energéticas convencionales, e incrementar el uso de los recursos autóctonos y con ello garantizar la seguridad de suministro, es necesario provocar un desarrollo tecnológico que posibilite el despliegue de las energías renovables, el hidrógeno y las tecnologías emergentes de transformación energética. Al mismo tiempo se debe impulsar la competitividad de la industria nacional de fabricación de sistemas de generación energética a partir de las fuentes renovables en un mercado global. Las diferencias entre los recursos y las tecnologías exis-

tentes tanto en su origen como en el estado tecnológico en el que se encuentran obligan a actuaciones diferenciadas entre ellas.

Evaluación y predicción de recursos de energías renovables

La evaluación y predicción de recursos naturales en los campos eólico, solar, de la biomasa, geotérmico, hidráulico y marino se considera una línea horizontal clave para la obtención de información que permita el desarrollo continuo de las energías renovables. A este respecto las líneas de actuación son:

- Investigación y desarrollo de tecnologías y sistemas avanzados que simplifiquen las mediciones y mejoren la fiabilidad de las evaluaciones incluso en los recursos con menos potencialidad actual de aprovechamiento energético.
- Actualización de la evaluación y predicción de recursos obtenida mediante nuevas mediciones y procesos de estimación.
- Mejora e implantación, cuando proceda, de las bases de datos existentes sobre los recursos renovables nacionales.

Energía eólica

Las oportunidades actualmente existentes para la industria española de alcanzar un liderazgo mundial en el campo de la energía eólica es difícilmente repetible: en estos mercados emergentes, con crecimientos mundiales históricos, el potencial de creación de riqueza mediante la exportación y la creación de empleo de carácter tecnológico es difícilmente equiparable. Ahora bien, estos mercados atraen una competencia cada vez mayor, lo que obliga a disponer de tecnologías líderes en el ámbito mundial, lo que a su vez exige del sistema de I+D+I un acompañamiento paralelo que se traduzca en un crecimiento tecnológico e industrial que potencie la implantación de la energía eólica en España y se convierta en un motor de penetración en otros mercados

- Creación de infraestructuras y herramientas para desarrollo de aerogeneradores. Desarrollo de palas e investigación de nuevos materiales y de nuevos modelos de palas, componentes de aerogeneradores y sistemas de generación eléctrica y electrónica de potencia. Máquinas de nueva generación. Desarrollo de nuevas herramientas, diseños y conceptos tecnológicos. Homologación y certificación de máquinas y componentes.
- Integración en el sistema eléctrico. Desarrollo de un sistema integrado de comunicación entre el sistema de generación eólico, agentes intermedios y operadores del sistema. Investigación y desarrollo de sistemas avanzados de predicción eólica para la gestión de la producción energética. Desarrollo de tecnologías y sistemas operativos para la generación eléctrica de elevadas prestaciones (reactiva, resistencia a caídas de tensión, redes débiles, alta calidad de energía, mejora de la eventualidad y almacenamiento de energía). Desarrollo de normativa técnica y administrativa nacional para la integración en el sistema y su adecuación al entorno europeo
- Almacenamiento de energía. Integración de los sistemas de producción de energía eólica con el vector hidrógeno. Sistemas de acumulación de energía.
- Desarrollo de tecnologías y sistemas orientados a la integración medioambiental de la energía eólica.
- Mejoras del diseño de sistemas de aerogeneración para reducción de costes, incremento del rendimiento energético, disponibilidad, mantenimiento, fiabilidad y seguridad de la operación y de los equipos.
- Desarrollo de técnicas y equipos de diagnóstico para el mantenimiento predictivo de equipos aerogeneradores.

- Diseño de parques, evaluación de recursos y emplazamientos. Configuración de parques y aerogeneradores adaptados a localizaciones específicas.
- Desarrollo de nuevos avances en transporte, montaje y mantenimiento correctivo de grandes aerogeneradores.
- Nuevos desarrollos en energía eólica. Estudio de tecnologías para emplazamientos no convencionales, sistemas autónomos, desarrollo de aerogeneradores de pequeña potencia, sistemas híbridos con el fin de facilitar el autoabastecimiento en lugares aislados.

Energía Solar

En el ámbito de la energía solar fotovoltaica, España es un país productor importante, tercero a escala mundial y primero a escala europea. Este crecimiento no está basado en tecnologías dominadas que permitan la optimización de costes y en consecuencia el incremento del número de instalaciones a escala nacional no alcanza las previsiones del Plan de Fomento de las Energías Renovables. En línea con esta situación es necesario progresar en la mejora de la tecnología conducente a la reducción de costes.

En el sector de la energía solar térmica de baja temperatura el I+D+I debe permitir un aumento de la fiabilidad y eficiencia de los sistemas de forma que se potencie el uso generalizado de esta tecnología.

En el sector de las aplicaciones de la energía solar térmica de media y alta temperatura las tecnologías se encuentran en un alto nivel de desarrollo pero necesitan de un esfuerzo de reducción de costes que debe proceder de manera substancial de la continuación del I+D+I en este área realizado hasta el momento.

Dentro de este tema las líneas de actuación deben orientarse hacia:

a) Energía solar fotovoltaica

- Materiales Fotovoltaicos. Investigación, desarrollo y caracterización de materiales fotovoltaicos orientado a la reducción de costes específicos, en los campos de materiales de grado solar, la lámina delgada, etc.
- Células fotovoltaicas. Mejoras en las tecnologías y optimización de procesos de fabricación células fotovoltaicas, mejoras y modernización de sistemas de fabricación orientados a la reducción de costes específicos. Nuevos conceptos que consuman menor cantidad de material y aprovechen mejor el espectro.
- Módulos fotovoltaicos. Investigación, desarrollo e innovación en módulos fotovoltaicos en los campos de fabricación y su homologación, integración arquitectónica, sistemas de concentración y nuevos conceptos.
- Sistemas fotovoltaicos. Investigación y demostración tendentes a mejorar el balance del sistema, desarrollo de nuevas aplicaciones y aspectos de diseño, sistemas de seguimiento solar, monitorización y telegestión y mejora de la calidad de servicio. Almacenamiento.
- Acoplamientos a redes. Investigación y desarrollo de tecnologías para la mejora de la calidad de onda y seguridad de conexión a la red. Optimización de inversores. Desarrollo de normativas y herramientas de homologación y caracterización de inversores y componentes.

b) Solar térmica alta temperatura.

- Tecnología de concentración en foco lineal hacia: superficies reflectantes, tubos absorbentes, sistemas modulares para pequeñas aplicaciones, almacenamiento térmico, nuevos conceptos de concentradores.
- Tecnología de receptor central hacia: nuevos conceptos de heliostatos, sistemas de seguimiento solar avanzados, receptores solares de aire y sales fundidas, almacenamiento térmico, desarrollo de sistemas de control y medida de flujo de radiación solar concentrada.

- Aplicaciones de carácter industrial hacia: calor en procesos industriales (producción de vapor, frío industrial, desalación, secado, etc.), producción de hidrógeno, procesos químicos, aprovechamiento mediante ciclos termodinámicos.
- c) Solar térmica de baja y media temperatura
- Promover la investigación y desarrollo para la mejora del diseño, procesos de fabricación, monitorización, telemantenimiento, eficiencia de los captadores solares de baja temperatura, componentes y su adecuación e integración en la edificación, con una orientación a la reducción de los costes específicos.
 - Investigación y desarrollo en nuevos captadores solares avanzados de media temperatura.
 - Nuevos conceptos para la generación de electricidad y calor con sistemas de concentración. Desarrollo de sistemas eficientes y de bajo coste.
 - Diseño de instalaciones para aprovechamiento energético de efluentes de bajo gradiente térmico. Instalaciones de demostración.
 - Desarrollo de nuevas instalaciones de climatización y refrigeración solar.
 - Aplicaciones de carácter industrial orientadas hacia procesos térmicos industriales: producción de agua caliente y vapor, frío industrial, desalación, secado, etc.
- d) Solar pasiva.
- Investigación y desarrollo en herramientas para el diseño de sistemas bioclimáticos, nuevos materiales, almacenamiento integrado de energía para mejora de la eficiencia energética en las edificaciones.

Biomasa

Hasta el presente los avances en la utilización de la biomasa como recurso energético se han dirigido especialmente hacia la utilización de los recursos agrícolas, forestales y de las industrias madereras, agroalimentarias y papeleras entre otros. La potencialidad agroforestal de la Península Ibérica y la coherencia agroalimentaria en el conjunto de la Unión Europea ofrecen una posibilidad históricamente importante de fomentar el desarrollo de cultivos energéticos, además del empleo de biomasa de otros orígenes como los ya comentados o aquellos provenientes de grasas y restos animales. Esta consideración desde la perspectiva de la I+D+I requiere una nueva concepción de los sistemas agrícola y forestal que conduzca al aprovechamiento integral del suelo con nuevos cultivos con fines energéticos ecológicamente compatibles, es decir, producciones intensivas, mecanización de procesos, optimización de tamaños de instalaciones de transformación, desarrollo de equipamiento, etc. El aumento de los cultivos supone al mismo tiempo un aumento de la capacidad natural de secuestro del CO₂. Esta orientación permitiría una aproximación mayor a las previsiones establecidas en "La Planificación de los sectores de electricidad y gas. Desarrollo de las redes de transporte 2002-2011" del Ministerio de Economía. Para ello se necesitarán actuaciones como:

- a) Investigación y desarrollo de cultivos energéticos.
- Promover la evaluación, predicción y desarrollo del recurso de biomasa agraria y forestal para distintas regiones, así como del desarrollo del equipamiento adecuado para su explotación.
 - Promover la investigación en selección de nuevas especies herbáceas y leñosas de alta producción y de la maquinaria específica para la recolección.
 - Promover la investigación de nuevos cultivos oleaginosos alternativos para la obtención de materias primas para la producción de biodiesel, el desarrollo del equipamiento adecuado para su explotación y la logística.

- Promover la investigación de nuevos cultivos de gramíneas, materiales lignocelulósicos y cultivos azucarados, como materia prima para la obtención de bioalcohol así como el desarrollo del equipamiento adecuado para su explotación y la logística.
 - Caracterización energética de la biomasa para la obtención de biocombustibles.
- b) Biocombustibles sólidos
- Desarrollo de tecnologías de combustión eficientes y de bajo coste y el equipamiento necesario. En particular la investigación de los efectos que provocan sobre las calderas la corrosión y fusión de escorias, así como las mal funciones en general producidas por el tratamiento de combustibles procedentes de la biomasa. También, tecnologías para la co-combustión simultánea de biomasa diversa incluyendo carbón.
 - Desarrollo de sistemas de pequeña escala.
 - Desarrollo de tecnologías de sistemas de gasificación y co-gasificación de biomasa, residuos sólidos urbanos, y carbón. También, tecnologías de pirólisis y en general de aprovechamiento integral de sistemas de biomasa no sólo con fines energéticos sino de valorización químico-energética de los mismos. Incluyendo los motores térmicos y los procesos de limpieza de gases, control y mantenimiento.
- c) Biogás
- Desarrollo de vertederos biorreactores.
 - Desarrollo y optimización de sistemas rentables de limpieza de biogás.
 - Adaptación de motores para su funcionamiento con biogás.
 - Investigación y desarrollo en la mejora de sistemas de producción de biogás a partir de diversas fuentes como lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales, residuos agroindustriales, residuos de ganadería intensiva, vertederos controlados de residuos sólidos urbanos. Atendiendo a los diversos aspectos microbiológicos, de diseño de equipos, de tratamiento de efluentes y de integración de procesos para su óptimo aprovechamiento energético.
 - Gestión integrada de residuos orgánicos para optimizar el proceso de la obtención de compost y energía.
- d) Biocombustibles líquidos
- Desarrollo de tecnologías de alta eficiencia en los procesos químicos y fermentativos, incluyendo la optimización de subproductos.
 - Homologación de biocombustibles y formulaciones específicas para su adaptación como carburantes.
 - Infraestructura y logística del aprovisionamiento, metodologías de mezclado, dosificación y aditivación.
 - Estrategias de recogida de aceites vegetales usados y otros residuos para su conversión en biocarburantes según normativa.

Otras energías renovables

Además de las fuentes energéticas renovables de párrafos anteriores existen otras que se encuentran en un estado de desarrollo más avanzado o por el contrario en un estado incipiente como consecuencia de la falta de recursos a escala nacional o por el contrario con una dificultad tecnológica mayor. Entre éstas se encuentran:

- Desarrollo de tecnologías y modelos para la optimización del mercado de energías renovables.
- Minihidráulica. Instrumentación, telecontrol, mantenimiento predictivo y reducción de impactos.

- Geotérmica. Aprovechamiento como fuentes calientes en sistemas combinados de producción de calor y frío.
- Marinas. Desarrollo de tecnologías para aprovechamiento de la energía del oleaje así como el aprovechamiento de la energía mareomotriz.

Hidrógeno

El hidrógeno, de la mano de la evolución tecnológica de las pilas de combustible, presenta el potencial de convertirse a largo plazo en un agente portador de energía que cambie la configuración del sector energético, haciéndolo más seguro, eficiente y respetuoso del medio ambiente. Para ello, deben superarse una serie de barreras tecnológicas en el ámbito de su producción, almacenamiento, distribución y suministro final, tanto para su uso en transporte como para aplicaciones estacionarias, específicamente en los siguientes campos:

- Producción: Sin emisiones de CO₂, a partir de agua, utilizando métodos electrolíticos (con energías renovables o nuclear) u otros emergentes como fotoelectroquímicos, fotobiológicos o biomiméticos y partir de materias primas renovables o fósiles (preferiblemente con captura de CO₂) mediante procesos de reformado, oxidación parcial, gasificación u otros. Igualmente la producción de gases con alto contenido de hidrógeno para aplicaciones energéticas distintas de las pilas de combustible.
- Almacenamiento: comprimido, líquido o mediante tecnologías de hidruros metálicos y las estructuras carbonosas de nanotubos.
- Distribución y suministro final: uso de infraestructuras existentes y nuevas; medios de transporte; instalaciones de suministro final.
- Normas, especificaciones y estandarización en materia de equipamiento, seguridad y calidad del producto.
- Análisis comparativo de ciclo de vida de eficiencia energética y de emisiones de GEI'S, en sistemas integrados de producción, almacenamiento, distribución y suministro final de hidrógeno en sus aplicaciones de transporte y generación distribuida.
- La puesta en funcionamiento y operación de instalaciones piloto y de demostración de sistemas integrados basados en el hidrógeno, aconsejan la creación de una infraestructura de ensayos y la formación de unos equipos de trabajo en I+D+I relacionados con la seguridad en el uso del hidrógeno (identificación de escenarios representativos de accidentes, determinación de árbol de fallos, análisis de modos de fallo y sus efectos, estudio comparativo de riesgos y daños, desarrollo y validación de herramientas para evaluación de la seguridad en distintas aplicaciones, etc.)

Pilas de combustible

Es conveniente apuntar su creciente importancia tanto para usos estacionarios como para transporte, como consecuencia de sus diferentes tipos, sus características modulares y la posibilidad de utilizaciones diversas desde el uso doméstico, para generación distribuida y para generación centralizada. Esta amplia gama de posibilidades de utilización y sus características de bajo impacto medioambiental y reducida producción de ruido las convierte en objetivo energético. Se requieren actuaciones dirigidas hacia:

- El desarrollo de otros combustibles para alimentación de pilas de combustible (gas natural, metanol, bioalcoholes, fracciones del petróleo etc.) en lo relativo a producción rentable y limpia, purificación y desarrollo de infraestructura.
- En relación con las pilas de combustible de baja temperatura (PEM) los esfuerzos deben orientarse hacia el desarrollo de materiales (catalizadores, electrodos, electrolitos, placas, sellos, etc.),

el desarrollo de componentes de pilas de combustible y sus métodos de fabricación, desarrollo de prototipos de pilas de combustible, sistemas basados en pilas de combustible para su aplicación en transporte, y en uso estacionario y portátil, procesadores de combustible.

- Pilas de combustible de alta temperatura (Óxidos sólidos y carbonatos fundidos) las actividades deben orientarse al desarrollo de materiales (catalizadores, electrodos, electrolitos, placas, sellos, etc.), al desarrollo de componentes de pilas de combustible y sus métodos de fabricación y al desarrollo de prototipos de pilas de combustible.
- La utilización de sistemas de pilas de combustible en usos diversos (cogeneración, generación eléctrica distribuida o centralizada, integrados con energías renovables, como unidades auxiliares de potencia, como fuentes motrices en transporte, etc.) y el desarrollo y validación de herramientas de simulación para el análisis de sistemas de pilas de combustible por métodos computacionales.
- La condición de agente portador de energía del hidrógeno y el sistemas transformador de las pilas de combustible, exigen al mismo tiempo de sus avances independientes, el desarrollo de sistemas integrados con las diversas fuentes energéticas y a ser posibles con diferentes aplicaciones finales, en lo que se refiere a desarrollo y demostración de sistemas de gestión, control y seguridad.

SUBPROGRAMA DE FUSIÓN TERMONUCLEAR

El desarrollo sostenido y equilibrado de nuestra sociedad requiere que los países industrializados desarrollen un amplio espectro de opciones energéticas, medioambientalmente aceptables, a corto, medio y largo plazo. Las atractivas propiedades que se derivan de la posibilidad de utilizar reacciones de fusión nuclear como una fuente de energía prácticamente inagotable y segura, impulsa un ambicioso programa de investigación y desarrollo en este campo en Europa, y en todo el mundo, en el que España participa de forma muy activa. Durante los últimos años se han hecho progresos importantes en la instalación de fusión europea (JET), aprovechando y desarrollando en una estrecha colaboración con la industria los profundos avances tecnológicos que han permitido construir sofisticados experimentos con los que se pretende culminar en la segunda mitad de este siglo con la producción a gran escala de energía eléctrica.

La I+D+I en este campo se realiza fundamentalmente alrededor de "grandes instalaciones", que debido a su complejidad y alto coste sólo están disponibles en unos pocos países. En España está disponible en el CIEMAT la instalación de fusión por confinamiento magnético del tipo Stellarator TJ-II, catalogada como "Gran Instalación Científica", que pretende ser el catalizador que impulse y aglutine en nuestro país la I+D+I en esta área de trabajo. Esta instalación TJ-II se encuentra totalmente integrada, a través de la Asociación EURATOM-CIEMAT, dentro del Programa Europeo de Fusión que explota científicamente el Tokamak más importante del mundo, JET, y construye un Stellarator Superconductor, Wendelstein 7-X. Asimismo, el Programa Europeo de Fusión colabora en el desarrollo de la instalación internacional llamada ITER que tiene como objetivo demostrar la viabilidad científica y tecnológica de la fusión integrando en un único dispositivo todas las tecnologías necesarias para la materialización de una planta productora de energía basada en estos procesos.

La construcción del ITER va a exigir, durante los próximos años, un gran esfuerzo para crear un tejido científico y técnico adecuado para tener un papel protagonista coherente con el suministro de productos de alto valor tecnológico. La explotación del proyecto requeriría un mayor protagonismo de los grupos nacionales, con independencia del esfuerzo económico complementario que sería necesario en el caso de su construcción en nuestro país.

La investigación en fusión requiere la utilización de un amplio abanico de tecnologías, en muy diferentes situaciones de desarrollo, entre las que cabe citar la ingeniería de alta precisión (eléctrica, mecánica), bobinas superconductoras, sistemas de microondas de alta frecuencia (>40 GHz, 100 kW), sistemas de aceleración e inyección de haces neutros (>30 keV, >500 kW), alto vacío, recubrimientos, técnicas de diagnóstico, sistemas de control en tiempo real, tratamiento de grandes masas de datos, transmisión de señales, operación remota de experimentos, supercomputación, mantenimiento remoto (robótica), materiales resistentes a altas temperaturas, materiales resistentes a flujo de neutrones, entre otros.

Líneas de actuación:

- Actividades orientadas a la explotación científica y tecnológica de la Instalación Española TJ-II y la física de plasmas en general.
- Desarrollo de tecnologías para la medida de las magnitudes características de plasmas de fusión nuclear.
- Desarrollo de métodos y tecnologías asociadas al calentamiento de plasmas como la inyección de haces energéticos de partículas (NBI), introducción de radiofrecuencia (ECH, ICRH, IBW...) en el caso magnético o intensos haces energéticos como láseres, haces de iones y descargas de estricción electrostática en el caso inercial (incluyendo plasmas de muy alta densidad).
- Desarrollo de nuevos materiales susceptibles de ser utilizados en instalaciones de fusión.
- Facilitar y fomentar la participación en los grandes proyectos europeos de fusión y muy particularmente en ITER.
- Desarrollo conceptual de plantas productoras de electricidad utilizando procesos de fusión.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

Desde 1951 el área de Energía cuenta con el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT), que ha cubierto un amplio espectro en el mundo de la ciencia y la tecnología. En estos momentos dispone de grandes instalaciones de gran interés para este programa como son el Laboratorio Nacional de Fusión, o la Plataforma Solar de Almería, pero también dispone de múltiples instalaciones de tamaño medio y pequeño en las líneas temáticas nucleares, de combustibles fósiles y energías renovables.

Las energías renovables han suscitado un interés creciente en las Comunidades Autónomas impulsando los departamentos universitarios, creando instituciones de I+D+I y los centros tecnológicos han ampliado considerablemente sus actividades afines a la energía. Estas actuaciones se han completado con la creación del Centro Nacional de Energías Renovables (CENER). Se deben potenciar las actividades coordinadas entre empresas por un lado y con universidades, organismos de investigación y otros centros tecnológicos por otro, en las actividades programadas dentro del Área de Energía.

Por otro lado no hay que olvidar que existen otros institutos de carácter público con fines no propiamente energéticos, como son el INTA y el CSIC, que han desplegado una gran labor de investigación y desarrollo en el ámbito energético. La continuidad de estos centros en estas actuaciones es de capital importancia. Dado que se busca una armonización en los países de la UE en relación con la estandarización de los productos, es necesario una reconversión continua de los laboratorios para la adopción de las nuevas normativas vigentes, pasando por la obtención y mantenimiento de una acreditación con validez dentro del territorio de la Unión, emitida por el Ente Nacional de Acreditación (ENAC).

Dentro del colectivo de centros tecnológicos, existen varios cuyas tecnologías horizontales son de destacada aplicabilidad en el sector de las energías renovables. Adicionalmente, algunas empresas, en su anhelo por alcanzar un liderazgo mundial, y siguiendo el ejemplo de sus competidores, se están dotando de importantes infraestructuras científico-tecnológicas. Al mismo tiempo existen institutos y departamentos universitarios cuyos fines se encuadran en este programa que deberían tener también un tratamiento específico siempre que sus actividades se encuentren incluidas dentro del ámbito del programa, con fórmulas de financiación que potencien su colaboración con empresas o con otros grupos, centros tecnológicos y organismos públicos.

Hay temas dentro del programa que se encuentran en un escalón de investigación más básica, cuyo interés para las empresas exige una evolución previa necesaria que debe ser abordada por estos centros y grupos, y que por su interés estratégico deben tener una consideración igualmente diferenciada para que su desarrollo permita su disponibilidad cuando lleguen a la adecuada madurez.

La disponibilidad y adecuado funcionamiento y utilización de los centros e instalaciones exige un sistema de coordinación que facilite la integración de éstos en el entramado científico tecnológico global del programa. De esta forma se puede conseguir una optimización de los recursos materiales y humanos, se potenciará la aproximación de las empresas a las infraestructuras nacionales y se impulsará la capacidad de las empresas para abordar actividades innovadoras que les permita ganar competitividad tecnológica.

El sistema de coordinación mencionado anteriormente no es exclusivo para centros e instalaciones, ya que debe abarcar a todo el conjunto de actores científico tecnológicos, desde las empresas hasta las universidades, incluyendo a los Organismos Públicos de Investigación y a los centros tecnológicos. Por otro lado la coordinación tiene que disponer de grupos de trabajo temáticos. Con esta fórmula se consigue aprovechar y combinar las capacidades científicas y tecnológicas de los grupos de investigación de distinto tamaño y origen, cubrir temáticas multidisciplinares frecuentes en el área de energía, asimilar de forma rápida y eficiente los avances que se generan a escala mundial en el desarrollo de conocimiento, de tecnologías y de metodologías y detectar carencias o necesidades de mejoras para futuros programas.

Esta coordinación debe ser activa al mismo tiempo que se tienen que generar mecanismos que posibiliten la disponibilidad de dinámica de información. Los objetivos de la coordinación son:

- Evaluar el potencial español de I+D+I, así como de demostración y eventual comercialización, generando una base de datos de centros públicos y de empresas activas en estas áreas.
- Establecer líneas prioritarias y objetivos de las mismas que sirvan de guía y orienten la adjudicación de ayudas a proyectos de I+D+I atendiendo a su relevancia y a la capacidad del sistema español de I+D+I y empresarial para valorizar los resultados de los mismos.
- Facilitar la coordinación entre los grupos que desarrollan I+D+I, fomentando la creación de redes de excelencia con masa crítica suficiente y poniendo de manifiesto posibles pérdidas de eficiencia debidas a la duplicación de esfuerzos.
- Fomentar la colaboración en proyectos de I+D+I y de demostración entre centros públicos, instituciones y empresas.
- Servir de foco para el contraste de la coherencia y las sinergias con las iniciativas internacionales, especialmente en el seno de la Unión Europea (VI Programa Marco).

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

En este programa como en otros se requieren actuaciones horizontales que permitan crecer el tejido investigador en las empresas al mismo tiempo que se debe potenciar una mayor integración de estas con los agentes científico tecnológicos y una mayor coordinación entre estos últimos. Para ello sería necesario poner en marcha las actuaciones siguientes en los diferentes aspectos horizontales:

5.1 Recursos humanos

- a. Incorporación de becarios a centros, empresas, grandes instalaciones, institutos y departamentos universitarios para colaborar en las actuaciones relacionadas con las líneas temáticas del Área con programas de formación específicos y ayudas públicas para cubrir total o parcialmente el costo de los becarios.
- b. Incorporación de personal de empresas en centros, grandes instalaciones e institutos para colaborar en las actuaciones específicas correspondientes a las líneas temáticas del Área.
- c. Incorporación de personal de centros e institutos en equipos de trabajo de empresas dentro de las actuaciones del Área.
- d. Dotar adecuadamente de personal investigador a los agentes de I+D+I estableciendo un sistema que garantice la integración definitiva o el flujo hacia otros elementos de la cadena científico-tecnológica.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

- a. Programas de difusión entre el sector industrial de los resultados de las actuaciones del Área o relacionadas con las líneas temáticas del Área.
- b. Haciendo participe a las empresas en las actividades de normalización y estandarización.
- c. Promocionando los proyectos conjuntos entre agentes científico-tecnológicos y/o empresas con capacidades o intereses en líneas temáticas específicas.
- d. Auspiciando los proyectos de I+D+I de agentes científico-tecnológicos orientados a satisfacer las necesidades tecnológicas de las empresas mediante su compromiso explícito en la aplicación de resultados.
- e. Fomentando las actividades de protección del patrimonio tecnológico (patentes, propiedad intelectual, etc.).
- f. Fomentando el uso de los centros tecnológicos.
 - i. Mediante la figura de proyectos subvencionados y/o tratamiento fiscal adecuado a las empresas participantes que cuenten con ellos.
 - ii. Aprovechando la capacidad de los centros tecnológicos de poner en práctica sistemas internos de gestión que sirvan para dar respuesta ágil y eficiente a las necesidades de las empresas.
 - iii. Crear y fomentar mecanismos de colaboración entre organismos públicos, universidades y centros tecnológicos que permitan impulsar el I+D+I en el Área de Energía, así como la participación de los centros tecnológicos en proyectos y comités internacionales, fundamentalmente, europeos.

5.3 Cooperación internacional

- a. Facilitando la participación en los Programas Marco de la Unión Europea.
- b. Facilitando la participación en los programas de EURATOM en relación con la fusión termonuclear.
- c. Fomentando la participación en los programas de la Agencia Internacional de la Energía en relación con energías renovables, eficiencia energética, hidrógeno y pilas de combustible.
- d. Fomentando la participación en los Comités Europeos e Internacionales de normalización y estandarización.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

- a. Organización de congresos anuales, jornadas, talleres de trabajo, etc. relacionados con las líneas temáticas del Área.
- b. Impartiendo cursos de formación, programas de post-grado y doctorado en áreas temáticas estratégicas.
- c. Especializando al personal dedicado a las líneas temáticas del área en actividades de divulgación y difusión para provocar un mayor acercamiento al tejido industrial y a la sociedad en general.
- d. Impulsando la participación del entramado científico tecnológico a hacer publicaciones, artículos, libros, revistas, páginas informáticas, etc., relacionados con las líneas temáticas.

6 Relación con otros programas nacionales

En relación con el Programa Nacional de Materiales, como consecuencia de la importancia de los materiales en todos los desarrollos energéticos las aplicaciones a los diferentes casos se abordarán dentro del Programa Nacional de Energía, no obstante, la investigación básica en general se encuadrará en el programa de Materiales. Entre los temas a considerar se encuentran: materiales semiconductores para las células fotovoltaicas, nuevos materiales a base de fibra de carbono para palas de aerogeneradores, materiales electrocatalíticos, conductores iónicos y electrónicos para pilas de combustible, aleaciones especiales para el almacenamiento de hidrógeno en forma de hidruros, los materiales aislantes y aceros especiales para trabajar a altas temperaturas, que al mismo tiempo sean de baja activación ante la radiación neutrónica tanto para fusión como para fisión, materiales catalíticos en procesos de refinado y limpieza de gases. Es conveniente también incluir el capítulo de materiales superconductores que en el caso de la energía sólo se considerarán aquellas aplicaciones de interés tanto para transporte y transformación como para almacenamiento de la energía. También es importante el comportamiento de materiales a altas temperaturas sometidos a solicitudes especiales, como altas temperaturas, fuertes efectos de corrosión, etc.

Los componentes mecánicos y electromecánicos de los sistemas de generación y transformación pueden estar relacionados con el Programa Nacional de Diseño y Producción Industrial, debiéndose excluir de este programa todos aquellos sistemas o componentes que estén orientados a sistemas energéticos, pero no así aquellos otros orientados al uso final de la energía en los que debería tenerse en cuenta los efectos de diseño bajo criterios de eficiencia energética.

Al igual que en el caso anterior las mejoras en los procesos químicos para la transformación del petróleo en sus derivados mejorados o la producción de biocarburantes se considerarán desde sus mecanismos de propulsión y fuente energéticas de forma separada con respecto al Programa Nacional de

Ciencias y Tecnologías Químicas. Igualmente sería necesaria una investigación básica no dirigida en los procesos químicos de la combustión y gasificación.

En relación con el Área de Ciencias y Tecnologías Agroalimentarias y Medioambientales será conveniente considerar los cultivos agrícolas y forestales de interés energético, por lo que pueda suponer de complementario o de contrapuesto.

Los sistemas de uso limpio en las instalaciones y las tecnologías de secuestro de carbono pueden relacionarse con este área igualmente. Cabe señalar la fuerte incidencia medioambiental de los usos energéticos, particularmente en relación a las emisiones de CO₂ y otros gases con efecto invernadero, así como otros que afectan a la capa de ozono y a la polución química transfronteriza (lluvia ácida). También se incluirá en el Programa Nacional de Energía lo relativo a la valorización energética de residuos orgánicos agrícolas, ganaderos, forestales e industriales.

Los sistemas de instrumentación y control, todos los aspectos de electrónica de potencia, pueden relacionarse con los programas del Área de Tecnologías de la Sociedad de la Información, en el Programa Nacional de Energía sólo se considerarán aquellos desarrollos para aplicaciones concretas.

En relación con el Programa Nacional de Medios de Transporte, la mejora de combustibles, la introducción de nuevos combustibles, la utilización de pilas de combustible será considerada en el Programa de Energía, pero su repercusión en los diferentes medios de transporte no irá más allá de sus aplicaciones específicas.

En el Programa Nacional de Construcción deberían tenerse en cuenta los aspectos que redunden en mejora y eficiencia del uso energético, tanto en cuestiones pasivas, relacionadas con la bioclimática, como en la disposición de elementos activos que redunden en un mayor rendimiento de los sistemas de acondicionamiento de edificios.

Área de Química, materiales y diseño y producción industrial

Programa Nacional de Ciencias y tecnologías químicas

1 Ámbito del programa nacional

El Programa Nacional de Ciencias y Tecnologías Químicas se crea con el objetivo principal de potenciar las actividades de investigación básica y aplicada de todos los agentes del Sistema español de Ciencia-Tecnología-Empresa, para el estudio, desarrollo, mejora y/o adaptación de procesos y productos químicos. Dentro de la temática se incluirán, por tanto, la investigación fundamental en Química, contemplada hasta ahora en el Programa de Promoción General del Conocimiento, así como todos los procesos que apliquen conceptos y tecnologías químicas, independientemente del área y sector industrial al que pertenezcan, incluyendo las tecnologías que tengan por objetivo la mejora o solución de problemas ambientales originados en el proceso productivo o al final de la vida útil de los productos o materiales.

En los últimos años la investigación básica y la investigación orientada en Química se han desarrollado en programas nacionales diferentes. El primer paso para la conexión entre ambas investigaciones es la creación de un programa que las articule. En este nuevo programa se establecen dos subprogramas nacionales para contemplar la investigación básica y la investigación orientada, si bien es aconsejable una interrelación que facilite la creación de grupos multidisciplinares con participación de todos los actores. Por otra parte, debido al carácter diferenciado y específico del subsector de la celulosa y el papel y a la necesidad de estimular una mayor presencia de este subsector en actividades de I+D+I, se fomentarán aquellas actuaciones que sean movilizadoras de dicho subsector.

Aspectos fundamentales del Programa Nacional serán su contribución a la generación de conocimiento y a la modernización y adaptación al cambio tecnológico de la industria, lo que ha de traducirse tanto en un aumento de los rendimientos productivos y poder de innovación de la química y su industria, como en una mayor flexibilidad y capacidad de respuesta a las necesidades del mercado y de la sociedad. En este contexto, se deberá estimular el establecimiento de intercambios intersectoriales, intercambios entre universidades y centros de investigación, y empresas. En particular se estimulará la participación de las PYMEs, teniendo en cuenta sus propias necesidades y funciones en la cadena productiva.

Desde un punto de vista de contenidos, se apoyarán actividades de I+D+I que incluyan desde la investigación básica (basada en la calidad, la novedad y el riesgo de los proyectos) a la orientada (basada en la aplicabilidad de los resultados) en sus diferentes escalas (investigación exploratoria, desarrollo y operación de plantas y/o experiencias piloto, elaboración y ensayo de prototipos de diferentes tamaños e implantación industrial). En este sentido, se podrán apoyar actividades con un alto grado de innovación y otras en las que la innovación resulte menor, pero que suponga un elemento importante de mejora competitiva para las industrias implicadas. Aspectos relevantes del Programa son los desarrollos de cambio de escala, hasta el nivel industrial, así como los estudios de las características de los productos con vistas a su aplicación final y aquellos dirigidos al establecimiento de relaciones entre especifica-

ciones y propiedades físico-químicas de los productos. Además, se deberán contemplar acciones que combinen esfuerzos desde diferentes perspectivas, integrando aspectos que abarquen el diseño, producción, uso y reutilización al final de la vida operativa del producto.

Los logros esperados como resultado de las actividades contempladas por el programa son cualquier producto, proceso, método de fabricación o diseño, servicio, norma, conocimiento científico, conocimiento técnico, metodología o experiencia de red que se pueda comercializar, difundir o transferir, además de contribuir a la formación científica de futuras generaciones y a la transferencia de tecnología y personas entre los ámbitos científico y empresarial.

Una relación no exhaustiva de contenidos que pueden definir el ámbito científico-tecnológico del Programa Nacional es la siguiente:

- Síntesis y reactividad química.
- Catálisis.
- Métodos y técnicas instrumentales de análisis.
- Técnicas espectroscópicas, estructurales y nueva instrumentación en Química.
- Dinámica de las reacciones químicas.
- Electroquímica.
- Química del estado sólido y nuevos materiales.
- Ingeniería Química.
- Química teórica, cuántica y computacional.
- Química y tecnología del medio ambiente.
- Química biológica o de la vida.
- Innovación y mejora de procesos químicos.
- Reactores químicos y procesos catalíticos.
- Diseño integrado y control de procesos.
- Operaciones y procesos de separación y purificación.
- Mejora del ciclo de vida de productos.
- Innovación y mejora de productos químicos y formulaciones.
- Aplicación, análisis y ensayos de productos químicos.
- Reciclado y valorización de residuos y subproductos.
- Modelización y simulación de procesos y productos.
- Mejores técnicas disponibles.

Cabe señalar, por último, la vinculación del Programa con otros programas internacionales tales como Eureka e Iberoeka, el Programa de Química de la NSF (USA) y particularmente con el VI Programa Marco, en el que figuran diversos campos prioritarios de investigación tales como Nanotecnologías, Desarrollo sostenible, Genómica, Seguridad, Alimentos y Salud.

2 Justificación de la priorización del programa

2.1 Criterios de carácter científico

La Química y la Ingeniería Química son disciplinas bien establecidas a nivel nacional e internacional y con una gran incidencia en el progreso de la humanidad. Se sitúan en una posición central entre

las ciencias, mostrando un alto grado de interacción con otras disciplinas como la física, biología, medicina y ciencia de materiales. Similar papel juega la industria química en un gran número de sectores de la actividad económica en los que se aplican los productos y tecnologías por ella desarrollados, tales como la agricultura, alimentación, salud, construcción, medio ambiente, textil, papel, energía, transportes, electrónica y tecnologías de la información, entre otros.

Un aspecto a destacar, que justifica igualmente la priorización del programa, es el buen nivel de la investigación que se realiza en España en las diferentes áreas de la Química y la Ingeniería Química; existen numerosos grupos de investigadores que ocupan una posición internacional destacada y cuyos miembros son conferenciantes destacados, de presencia regular, en las más afamadas Conferencias y Congresos internacionales sobre las Ciencias y Tecnologías Químicas. La producción científica en el conjunto de la Química es elevada en revistas de calidad y presenta una media de 6,54 citas/trabajo, lo que la coloca por encima de la media dentro del ranking establecido para la medida de la calidad. Esta situación ha permitido una mejora considerable de la transferencia de tecnologías y conocimientos al tejido industrial, si bien ésta sigue siendo una de las asignaturas pendientes de la investigación. La situación se deriva en parte de la aún modesta inversión de la industria química española en I+D, que se sitúa en el 1% de las ventas, mientras que en Europa y Estados Unidos alcanza el 5%.

Es por tanto de resaltar el carácter intrínsecamente innovador de dichas disciplinas como suministradoras de nuevos productos y materiales, así como de nuevas tecnologías, lo que justifica su notable presencia en todo tipo de programas (EE.UU., UE, etc.).

El sector químico es un sector basado en la ciencia, de intensidad competitiva media y con carácter mayoritariamente endógeno de la tecnología que emplea en sus procesos e incorpora a sus productos. Cuenta, por otra parte, con un alto índice de diversificación y compite con una variada gama de productos en diferentes mercados, con contenido tecnológico medio-alto, a través de los distintos subsectores tradicionales que lo constituyen: química básica, agroquímica, química farmacéutica, química transformadora, que incluye los transformados de polímeros (plásticos, cauchos, fibras, etc.). Estos aspectos son igualmente aplicables al sector de pasta y papel.

Un objetivo básico para la industria química nacional, dada la saturación de los mercados, es incrementar el valor añadido de su producción. La investigación junto con la innovación tecnológica resultan necesarias para el desarrollo de productos de alto valor añadido que vayan desplazando a los productos a gran escala en los cuales hay que competir en los mercados internacionales con países que cuentan con menores costes de producción.

Las prioridades, por tanto, deberán ir dirigidas a la investigación básica, a la investigación orientada, al campo de la química fina y de la química de especialidades, así como a todos aquellos desarrollos y nuevas aplicaciones para el aprovechamiento integral de materias primas secundarias (subproductos de otros procesos productivos y residuos). Además, para elevar el valor añadido de la producción industrial ha de priorizarse también la investigación y desarrollo de nuevos productos, nuevas aplicaciones y nuevas tecnologías de proceso que traigan consigo mejoras en la calidad de los productos y menores costes tanto en la producción como en los aspectos ambientales asociados.

La investigación puede emprenderse para lograr fines estratégicos o para incrementar la base de nuestro conocimiento. La investigación básica es la esencia de ambas asegurando una reserva de conocimiento y proporcionando alternativas para futuras necesidades de la sociedad. La investigación básica y orientada en Química, en el anterior Plan Nacional situadas en programas diferentes, se agrupan ahora como dos subprogramas nacionales dentro del Programa Nacional de Ciencias y Tecnologías Químicas que las conecta y articula.

2.2 Criterios de carácter sectorial

La industria química es uno de los sectores principales en toda economía desarrollada tanto por su valor estratégico como por su capacidad de empleo y desarrollo futuro. La industria química en la Unión Europea juega un importante papel en el panorama internacional alcanzando cerca del 30% de las ventas totales mundiales y con un crecimiento en los 10 últimos años superior al de sus mayores competidores, Estados Unidos y Japón. Según datos del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCYT) y de la federación Empresarial de la Industria Química Española (FEIQUE), la industria química española ha evolucionado de forma análoga al resto de la Unión Europea, creciendo un 23% en los 5 últimos años, un 29% si se incluye al sector de los transformados de caucho y plástico, y registrando un ritmo de crecimiento superior al de la media. España ha logrado ser así el 5º productor europeo y el 7º mundial.

La producción de la industria química española en 2001 fue superior a los 45.900 millones de euros incluidos los transformados de caucho y plástico, lo que representa el 15,3% del Producto Industrial Bruto de la economía española. El consumo aparente rondó los 52.900 millones de euros. Da lugar a 233.170 puestos de trabajo directos, superando los 500.000 si se tienen en cuenta también los inducidos. Tiene empresas de tamaño considerable y un buen número filiales de multinacionales junto a un cierto número de grupos importantes de capital nacional, aunque no está equilibrado en sus subsectores, siendo el mayoritario la química básica (41%), seguido de la química para la industria y el consumo final (33%) y la química de la salud (26%).

Por lo que respecta a la industria del papel, la producción en España en los últimos 5 años ha crecido un 36%, superando los aumentos experimentados en el PIB de España en estos años y triplicando el crecimiento de los países de la Unión Europea. El consumo de papel en España mantiene también una línea de crecimiento, pero manteniendo unos índices de consumo por debajo de la media de la Unión Europea, dando lugar a que exista todavía un margen sensible de incremento para los próximos años. Las exportaciones suponen ya el 47% de la producción de celulosa y el 34% de la producción de papel. La industria papelera española es un sector en clara expansión, que está realizando importantes inversiones, con el objetivo de responder al potencial de crecimiento del mercado interno y para aumentar su presencia en los mercados exteriores.

Como aspecto que debe ser mejorado, se constata en España el bajo nivel comparativo de las ventas al exterior, que si bien en 2002 alcanzaron cerca del 40% de la producción, el doble que hace 10 años, se encuentran todavía por debajo de los valores registrados en los países con industria química más potente. Igualmente, conviene señalar la insuficiencia de los recursos porcentuales sobre facturación que se dedican a I+D+I, si bien el sector aglutina casi la quinta parte de los recursos destinados a este fin.

Se reconoce por tanto la importancia de la industria química como dinamizadora del desarrollo económico y del cambio social en los países comunitarios durante las últimas décadas. En esta área se conjuntan un gran número de procesos físico-químicos y materias primas que sirven de base a amplios sectores clave de la industria, citados en el apartado anterior, y a los cuales incluso condiciona. Por otra parte, la industria química, y otros sectores relacionados que utilizan tecnologías químicas, han experimentado cambios profundos, inducidos en su mayoría por la globalización y la dimensión transnacional del mercado de materias primas. A estos factores con un fondo económico en común, se han incorporado las legislaciones y regulaciones medioambientales que exigen una mayor protección del medio ambiente, mayor eficiencia en el uso de materias primas y de la energía, menos residuos, menores emisiones contaminantes y nuevas alternativas con menor riesgo.

Desde el punto de vista del tejido empresarial del sector, cabe destacar los siguientes aspectos como más relevantes a la hora de justificar la priorización del programa:

- En España existe una fuerte dependencia externa del sector químico en cuanto a productos y procesos se refiere, estando un gran número de licencias y patentes en manos de compañías multi-

nacionales. También, el mercado de productos químicos de alto valor añadido y destinados a muy diferentes sectores de aplicación, tiene una fuerte dependencia externa, de tal manera que las importaciones de dichos productos suponen en muchos casos un lastre económico importante para los correspondientes sectores industriales. El desarrollo de metodologías y tecnologías propias debe contribuir a disminuir esta dependencia y a elevar el nivel de competitividad de la industria química nacional.

- El desarrollo de tecnología en este campo tiene trascendencia no sólo en el sector químico anteriormente citado, sino también en otros que utilizan sus materias primas y/o tecnologías, como los sectores de los polímeros, materiales cerámicos, vidrios y cementos, o en las áreas sectoriales de aplicación en alimentación, biotecnología, salud, construcción, textil, energético, metalúrgico, transportes, electrónico, informática y comunicaciones, etc..., así como en el nuevo sector pluridisciplinar que está formándose alrededor de procesos ambientales o de tecnología ambiental.
- Por extensión de la última referencia, cabe señalar que en el desarrollo de la industria química incide fuertemente el cumplimiento de las normativas medioambientales, de salud y de seguridad cada vez más restrictivas. En contrapartida, esta situación abre también nuevas expectativas de negocio basadas en la consideración de dicho cumplimiento como un factor de competitividad más; a ello van encaminadas las nuevas tendencias que mediante normativa comunitaria priman en el mercado a las empresas respetuosas con el entorno. Por otro lado, el desarrollo de productos y tecnologías de aplicación en la solución de problemas ambientales es un campo de gran futuro en la diversificación de las empresas químicas a otras áreas de negocio con su correspondiente incidencia a nivel empresarial y social. Así, España cuenta con una experiencia no despreciable en industrias de reciclado convencional, pero requiere realizar un esfuerzo importante para aprovechar las oportunidades de la industria emergente de reciclado relacionada con materiales nuevos y/o mezclas más específicas.
- Finalmente, cabe también señalar como aspecto específico del programa el alto riesgo del desarrollo tecnológico en este campo debido tanto al elevado coste de las inversiones relacionadas con la innovación tecnológica como a la propia estructura del mercado, caracterizado por una gran competencia entre las empresas a nivel mundial. En la orientación de la I+D empresarial resulta de gran importancia, para minimizar el riesgo, el estudio de los factores estratégicos de mercado, buscando cubrir los, por otro lado, siempre cambiantes "nichos" de mercado. Aún más, la diversificación en productos cada vez más específicos hace que sea necesaria una I+D a medida, que estudie las necesidades y ofrezca soluciones a demandas concretas. Por otra parte, el avance de la tecnología requiere, para mantener la competitividad de las empresas, desarrollar tecnologías alternativas de proceso. Todo ello se traduce en una aceleración del ritmo de avance de la I+D del sector que debe tenerse en cuenta como uno de los condicionantes que más afecta a la industria química.

Parece por tanto, a la vista de los datos anteriores, plenamente justificada la priorización de este Programa Nacional por su trascendente incidencia en el fomento de un sector clave para el desarrollo socioeconómico del país.

2.3 Criterios de interés público

La investigación básica es una de las fuerzas que contribuyen al desarrollo económico de un país. No pretende obtener resultados inmediatos; como la educación, necesita tiempo para recoger sus frutos. Pensar en el crecimiento económico, formar profesionales cualificados, crear puestos de trabajo estables y bienestar social obliga a invertir en investigación básica. Es una materia de gran importancia estratégica nacional.

En particular, la incidencia de la química en la vida es tan amplia que afecta continuamente a las personas, en todos los aspectos: alimentación, higiene, salud, vivienda, transportes, ocio, etc. Es importante destacar que la mejora de la calidad de vida en el desarrollo de la humanidad se ha basado en buena medida en las tecnologías y los productos químicos. Sin embargo, la industria química posee, tanto en España como en el resto del mundo una imagen pública basada en mayor medida en la percepción de riesgo para la salud y el medio ambiente que se deriva de sus residuos y emisiones más que en los beneficios que produce y en las necesidades que satisface.

Por este motivo, en el umbral del siglo XXI las tendencias en la I+D+I de los procesos químicos no pueden contemplarse sino en un contexto de desarrollo sostenible, percibido como una necesidad social de primera magnitud. Este crecimiento implica una estrecha relación entre la mejora de la competitividad industrial y el desarrollo de tecnologías más limpias que repercutan en un respeto hacia el medio ambiente. El desarrollo normativo reciente a nivel europeo y nacional requiere también de una respuesta tecnológica de adaptación del sistema productivo y de soluciones eficaces a los residuos generados por la sociedad, suponiendo un reto importante de cara a afrontar el futuro en condiciones equivalentes a los países de nuestro entorno.

En este sentido, el sector químico español está comprometido con el Medio Ambiente y la Seguridad, tal como se recoge en el Compromiso de Progreso. Es el único sector nacional con un programa sectorial que integra la seguridad y la protección medioambiental, habiendo recibido el reconocimiento internacional a la labor realizada. Las empresas químicas son líderes en inversión medioambiental en España (22% del total invertido con más de 200 millones de Euros). Como resultado del esfuerzo llevado a cabo, desde 1993 las empresas han logrado reducir, por cada unidad producida, el 77% de sus vertidos contaminantes, el 45% de sus emisiones y el 23% de sus residuos. Además, el índice de frecuencia de accidentes (accidentes con baja por cada millón de horas trabajadas) en las empresas que aplican Compromiso de Progreso (10,3 en 2001) es seis veces menor que la media industrial española (66,4).

En suma, ha de destacarse la crucial contribución de la Química a la mejora continua de la esperanza y calidad de vida y el importante papel desempeñado por todos aquellos que intervienen en su desarrollo. Este es el punto de partida de la Declaración de la Química, suscrita y firmada por altos representantes institucionales, científicos y empresariales (FEIQUE, 16-04-2002), en la cual se pone de manifiesto que a pesar del importante papel que la Química ha desempeñado en el pasado, su protagonismo será aún más relevante para afrontar los retos a los que hoy en día y, en el futuro, deberá enfrentarse la humanidad. Asimismo, se resalta que las respuestas de la Química sólo serán factibles si se establecen los necesarios cauces de colaboración entre científicos, investigadores, formadores, educadores, empresarios y trabajadores, todos ellos, apoyados por nuestra sociedad y sus autoridades y órganos competentes.

3 Estructura y objetivos del programa

Este programa nacional se estructura en dos subprogramas:

- Subprograma Nacional de Investigación química básica
- Subprograma Nacional de investigación química orientada

La descripción del ámbito, prioridades temáticas y líneas de actuación de ambos subprogramas se desarrolla a continuación.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN QUÍMICA BÁSICA

La Química es la ciencia de las moléculas y sus transformaciones. Es una “ciencia central” que, en concurrencia con otras ciencias experimentales, en especial con la Física, Biología, Geología, Materiales y la Medicina, se ocupa del estudio, síntesis, propiedades, estructura y reacciones de los elementos químicos, de sus compuestos y de los sistemas moleculares y supramoleculares que éstos configuran, sean éstos naturales, animados o inanimados, o artificiales, generados estos últimos precisamente por la inherente capacidad creativa de la Química.

La superación de los retos de tiempos pretéritos tales como el análisis elemental, la determinación de la composición química, el cómo o el por qué ocurren las reacciones químicas, ha proporcionado al químico un profundo conocimiento de su disciplina, situándolo en una posición inmejorable para vencer los desafíos de los tiempos actuales. Aunque son estos muchos, no es aventurado afirmar que en los albores del s. XXI el corazón de la Química sigue siendo la reacción química, contemplada en sus distintos niveles de complejidad.

La capacidad creativa de la química para generar nuevos productos y modular sus propiedades ha sido, y debe seguir siéndolo, la base en que se fundamentan la multitud de productos artificiales y naturales y sus aplicaciones que nos rodean en la sociedad actual y están presentes en los más diversos materiales (cerámicos, poliméricos, fibras textiles, aditivos, pigmentos y colorantes, etc.) y actividades (agricultura, farmacia, energía, transporte, comunicaciones, etc.).

La investigación en Química contempla la utilización de todas las metodologías teóricas y experimentales dirigidas al estudio de las propiedades y el comportamiento de los sistemas químicos tanto a escala molecular o microscópica como macroscópica y desde los femtosegundos a los períodos geológicos. El rango de sistemas químicos bajo estudio abarca, por tanto, desde los sistemas aislados de moléculas, iones y otras especies inestables hasta macromoléculas, agregados moleculares, líquidos y sólidos. Los temas de referencia comprenden estudios fundamentales sobre nuevos métodos de síntesis, estructura de moléculas y agregados, enlace químico e interacciones débiles, nuevas técnicas experimentales de análisis, catálisis, dinámica de las reacciones químicas, etc., incluyendo igualmente aquellos que responden a demandas socioeconómicas y que deben adaptarse y orientarse a las necesidades de la sociedad y el medio ambiente.

Junto a las metodologías clásicas propias de la Química, la investigación actual está implicada en el uso y desarrollo de sofisticadas técnicas espectroscópicas, espectrometría de masas, cromatografías, haces moleculares, etc. A lo largo de estas últimas décadas estamos asistiendo a un progreso científico y tecnológico sin par, como por ejemplo el láser, que ha desempeñado un papel trascendental. Además, y fruto de los avances metodológicos e informáticos, la química teórica y computacional se ha constituido en uno de los motores de la Química. La necesaria sinergia, cada vez más frecuente, entre los estudios teóricos y experimentales posibilita un conocimiento integral del problema químico. El valor predictivo en la modelización de sistemas químicos permite perfilar los estudios experimentales evitando experimentaciones costosas.

El avance en la comprensión de los fundamentos químicos subyacentes a todos los procesos biológicos, y de la estructura de las biomoléculas implicadas, además de tener un interés intrínseco, es la llave para el diseño y desarrollo de nuevos productos bioactivos y tecnologías químicas que respondan a nuevos retos y antiguas necesidades en los campos de la salud (farmacia y diagnóstico), alimentación, higiene, entre otros.

Tampoco hay que olvidar que, como toda actividad humana, la síntesis, uso y transformación de productos naturales y artificiales, el desarrollo de los procesos químicos industriales y, muy especialmente, los residuos que las actividades humanas generan, afectan al medio ambiente y en algunos casos de manera pernicioso. Los estudios, en sentido amplio, englobados en los aspectos ambientales de la

química son esenciales para prever los posibles efectos deletéreos que, sobre nuestro entorno, puedan producir la multitud de productos químicos existentes, y las actividades humanas relacionadas, y asimismo son esenciales para desarrollar las metodologías que permitan detectar los agentes causantes y evitar, controlar o eliminar sus efectos.

El subprograma de Investigación Básica abordará todo aquello que contribuya a un avance del conocimiento de la Química, desde el desarrollo de nuevos procesos de síntesis, incluyendo el diseño y síntesis de nuevos productos, estudio de nuevas propiedades, nuevas metodologías de análisis; así como el diseño de nueva instrumentación para el estudio de las propiedades de los materiales a nivel atómico o molecular, y el desarrollo de los fundamentos teóricos y herramientas de cálculo que permitan el diseño y predicción del comportamiento de nuevos productos o nuevas propiedades .

Más en concreto, el objetivo específico de este subprograma es el fomento y consolidación de la investigación básica en Química e Ingeniería Química. Haciendo referencia a las diferentes áreas de conocimiento en las que se esquematiza la Química (Q. Analítica, Q. Física, Q. Inorgánica, Q. Orgánica e Ingeniería Química) se deberá seguir investigando en las temáticas de interés científico que se vienen cultivando en dichas áreas e incidir de forma directa en los retos que el mundo científico afronta en la actualidad con una aproximación interdisciplinar, entre los que cabe citar:

- Síntesis y reactividad química: desarrollo de nuevos métodos y de nuevas estrategias de síntesis: combinatoria, asimétrica, en medios no convencionales. Síntesis de sistemas supramoleculares. Mecanismos de reacción.
- Catálisis: homogénea, heterogénea, en espacios confinados y enzimática. Fotocatálisis. Catálisis combinatoria. Catálisis asimétrica.
- Métodos y técnicas instrumentales de análisis: Hibridación, automatización y miniaturización de los sistemas de análisis. Desarrollo de sensores y de técnicas de screening. Cualimetría y métodos quimiométricos. Nueva Instrumentación en Química.
- Técnicas espectroscópicas y estructurales: Espectroscopías de alta resolución. Espectroscopía con láseres. Técnicas de difracción. Resonancia Magnética Nuclear. Técnicas para el estudio de las superficies.
- Cinética y dinámica de las reacciones químicas: Dinámica molecular. Fotoquímica. Haces moleculares. Técnicas experimentales en reacciones rápidas.
- Electroquímica: Estudios en la interfase. Fenómenos de Corrosión. Electrocatálisis.
- Química del estado sólido y nuevos materiales: Polímeros. Cristales líquidos. Materiales carbonosos: fullerenos, nanotubos y derivados. Materiales con propiedades ópticas, eléctricas y magnéticas singulares. Material fibroso.
- Ingeniería química: descripción de los fenómenos físicos, químicos y biológicos implicados en los procesos de separación y fabricación.
- Química teórica, cuántica y computacional.
- Química del medio ambiente y de la atmósfera.
- Química biológica: análisis, estructura y dinámica de las biomoléculas. Productos naturales. Interacciones moleculares. Modelos abióticos. Diseño y síntesis de compuestos con actividad biológica.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE INVESTIGACIÓN QUÍMICA ORIENTADA

En el ámbito de este subprograma se hace referencia a todos aquellos trabajos de investigación que tengan o puedan tener una aplicación industrial como objetivo final. Para ello se estructura en las cinco prioridades temáticas siguientes:

Desarrollo de procesos químicos

Este apartado abarcará todos aquellos trabajos de investigación desde el extremo más básico hasta la implantación industrial, pasando por el cambio de escala a unidades piloto, relativos a todas las tecnologías de producción en las que intervienen reacciones químicas. El objetivo es el desarrollo de nuevos diseños o aplicaciones alternativos a los existentes, incluyendo desde la concepción de nuevos diseños de reactores hasta el desarrollo de procesos catalíticos, electroquímicos, fotoquímicos, sonoquímicos, termoquímicos, biotecnológicos, bioquímicos o procesos con fluidos supercríticos. Asimismo, esta línea temática contempla los aspectos relativos a la modelización de estos reactores químicos y procesos mediante nuevas técnicas de cálculo y simulación.

Por otra parte, en un marco de investigación con aplicación más directa en la industria, se contemplan las innovaciones o mejoras en procesos convencionales ya existentes, que permitan la mejora de rendimientos, el incremento de la eficacia energética o la reducción de costes, junto con la mejora del impacto ambiental. Así, el tipo de acciones a desarrollar serán, en gran parte, normalmente experiencias piloto, con frecuencia realizadas en las propias unidades industriales o en plantas piloto.

La investigación sobre el análisis de los riesgos de los procesos y productos químicos, así como la modelización de accidentes y de sus efectos y consecuencias sobre el entorno ha de constituir una de las actuaciones preferenciales en esta área, con el objeto de contribuir a la sostenibilidad de la industria química.

De manera más concreta, esta prioridad temática incluye las siguientes líneas prioritarias de actuación:

- 1) Mejoras/innovación de procesos convencionales.
- 2) Procesos catalíticos. Nuevas aplicaciones catalíticas a procesos de síntesis de productos químicos. Catálisis combinatoria. Catálisis quirál. Aplicaciones de procesos fotoquímicos y electroquímicos. Ingeniería de procesos bioquímicos y enzimáticos. Cambios de escala de procesos.
- 3) Innovación en el diseño, modelización y simulación de reactores químicos y biorreactores.
- 4) Procesos de combustión, gasificación, pirólisis y grafitización. Modelización y simulación numérica de transformaciones termoquímicas.
- 5) Procesos de polimerización y modificación de polímeros. Nuevos procesos para fibras.
- 6) Diseño de procesos integrados. Control avanzado de procesos químicos. Técnicas de monitorización de procesos en tiempo real. Seguridad industrial y análisis de riesgos. Inteligencia artificial aplicada al diseño de procesos y a la mejora de la seguridad de los mismos.

Operaciones avanzadas de separación

En esta prioridad temática se pretende progresar en el desarrollo conceptual y tecnológico de las etapas físicas de separación que condicionan la operación de los procesos químicos industriales. Las etapas de separación pueden no sólo condicionar la calidad de los productos, el rendimiento de las materias o la emisión de residuos, sino también la propia configuración del proceso.

Los procesos de separación constituyen un campo con un fuerte desarrollo actual y con una aplicación inmediata. Existen una serie de técnicas emergentes de gran interés, particularmente en procesos de gran valor añadido, tales como la utilización de fluidos supercríticos, membranas y tamices moleculares, separaciones en gradientes débiles, etc. en cuyo estudio debe progresarse.

El proceso de separación debe concebirse globalmente, por lo que deben desarrollarse técnicas integradas de separación, incluidas las que utilizan reacciones químicas. Debe progresarse en el estudio

de estrategias combinadas para la resolución integral de los problemas de separación, así como en su modelización, especialmente para su aplicación a gran escala.

De manera más concreta, esta prioridad temática incluye las siguientes líneas prioritarias de actuación:

- 1) Métodos avanzados de predicción de propiedades físicas, equilibrio de fases y propiedades de transporte de sistemas implicados en procesos de aplicación industrial. Modelización.
- 2) Mejoras e innovación de sistemas convencionales. Procesos industriales de arrastre con vapor, absorción, adsorción, intercambio iónico y cromatografía. Procesos avanzados de purificación y concentración. Tecnologías de partículas. Modelización.
- 3) Técnicas integradas de separación. Procesos de destilación y extracción con reacción química. Integración de procesos de separación-reacción. Modelización.
- 4) Operaciones de separación no convencionales: con fluidos supercríticos, de compuestos lábiles, con gradientes débiles, etc. Resolución y separación de enantiómeros. Métodos basados en técnicas de afinidad y reconocimiento molecular. Cromatografía enantioselectiva. Modelización y cambio de escala.
- 5) Aplicaciones de las nuevas tecnologías de membrana para la separación de líquidos y gases: pervaporación, predestilación, membranas líquidas, extracción líquido-líquido no dispersiva, etc. Modificación superficial de membranas para desarrollar nuevas aplicaciones. Modelización y cambio de escala.

Innovación y desarrollo de productos químicos y su aplicación

La necesidad de enfrentarse a los nuevos retos que se le plantean a la industria química unida a las exigencias de los mercados obligan a realizar un esfuerzo en materia de I+D+I.

A la calidad del producto, aspecto que ha venido siendo uno de los objetivos condicionantes del diseño de los procesos químicos para su fabricación, se le unen ahora las importantes consecuencias de la nueva política de gestión de productos químicos de la Comisión Europea, en la cual se define el sistema REACH (Registro, Evaluación y Autorización de Productos Químicos). Como consecuencia de la implantación de este nuevo sistema aparecerán nuevas líneas de investigación relacionadas con el desarrollo e innovación de productos químicos, así como el desarrollo de nuevos métodos de evaluación y clasificación de productos químicos.

Se incluyen en esta prioridad temática el estudio de los parámetros que definen la calidad del producto para su uso final y su relación con la estructura molecular o propiedades físico-químicas, el diseño y obtención de productos, nuevos o mejorados y de las formulaciones químicas, las características químicas de éstos y sus nuevas aplicaciones en diversas áreas, así como el diseño de las etapas de reacción química o tratamiento físico conducentes a un producto final. En cuanto a los productos objeto de atención, se contemplan todos aquellos que intervienen en los procesos de producción química, tanto aquellos cuya fabricación ya cuenta con recursos a nivel nacional como aquellos otros que constituyen una apuesta estratégica de futuro. Así, por ejemplo, catalizadores, membranas, enzimas, productos de alto valor añadido, separación y purificación de gases, entre otros, y nuevos combustibles son productos de interés especial.

Asimismo, el análisis y mejora del ciclo de vida del producto deberá considerarse prioritariamente en esta área. Quedarían encuadrados en la misma el análisis de ciclo de vida completo de productos resultantes de procesos químicos y tratamientos físico-químicos y se complementaría con otras áreas en procesos mixtos en los que, además de procesos de carácter químico, estén implicados otro tipo de elementos productivos. Resulta de interés, en el caso de que el reciclado del producto no sea viable, la uti-

lización de productos al final de su vida útil como materia prima para la elaboración de otros productos o su valorización energética en plantas existentes o en nuevas plantas especializadas.

No hay que olvidar por último que hay sectores en la industria química que se caracterizan por la importancia del método o sistema de aplicación del producto químico (pinturas, fitosanitarios, etc.) para conseguir un desarrollo adecuado de propiedades y una manipulación segura. Así, en muchos casos los efectos medioambientales o nocivos para la salud son producidos en la aplicación del producto en mayor medida que durante su fabricación.

De manera más concreta, esta prioridad temática incluye las siguientes líneas prioritarias de actuación:

- 1) Desarrollos tendentes a la mejora del ciclo de vida de los productos.
- 2) Mejora de productos industriales. Relación parámetros de calidad – estructura – propiedades. Desarrollo de nuevas formulaciones y nuevos aditivos. Aditivos químicos para conferir elevadas prestaciones a formulaciones. Modificación química superficial y funcionalización de productos sólidos. Modelización y simulación de productos (métodos de síntesis, autoensamblado, inertización, etc).
- 3) Investigación y desarrollo de productos de alto valor añadido en el ámbito de la Química Fina y Química de Especialidades. Síntesis y/o desarrollo de productos enantiopuros con aplicación industrial. Productos obtenidos a partir de fuentes naturales. Productos bioactivos. Síntesis y/o desarrollo de isótopos enriquecidos y de compuestos con isótopos marcados.
- 4) Desarrollo de métodos de fabricación de catalizadores, adsorbentes, y otros productos aplicables en procesos. Estructuras especiales, tales como monolitos, conformados específicos, membranas, etc. Desarrollo de materiales para nuevos procesos de purificación y de separación de gases. Desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía (supercondensadores) y de gases (metano e hidrógeno).
- 5) Polímeros (plásticos, composites, cauchos, fibras, etc.). Polímeros compuestos. Materiales con propiedades especiales (conductores, fotosensibles, etc.).
- 6) Desarrollo de nuevos productos mediante química combinatoria.
- 7) Productos para la obtención de energía a partir de transformaciones químicas, termoquímicas, fotoquímicas o electroquímicas (pilas de combustible, baterías, biocombustibles, etc.).
- 8) Síntesis de materiales moleculares y nanoestructuras. Nanoquímica. Desarrollo de materiales carbonosos con mejores propiedades eléctricas y conductoras.
- 9) Desarrollo e innovación de metodología, sistemas, etc. para la aplicación de productos químicos. Análisis rápidos de productos. Desarrollo de kits. Diseño y desarrollo de equipamiento para análisis "in situ" y "en línea", incluyendo métodos de ensayo para la clasificación de productos químicos y la evaluación de riesgos.

Procesos químicos y desarrollo sostenible (Química Verde)

En esta prioridad temática, de ámbito genérico, se agrupan todas aquellas temáticas que pueden mejorar la posición de la industria en relación a su entorno. De una parte, contempla todas aquellas actuaciones que tienden hacia una química caracterizada por procesos de menor impacto ambiental, con menor producción de residuos, que fomentan el empleo de materias primas secundarias y que reduzcan el impacto sobre el entorno durante todo el ciclo de vida de los productos. Estas actuaciones suponen generalmente la modificación y desarrollo de procesos químicos, por lo que han de ser una parte relevante de los contenidos del programa.

Esta prioridad temática constituye un enfoque vital para la industria química en el futuro, que debe continuar mejorando sus procesos productivos y minimizando su impacto ambiental mediante la reducción en origen, el reciclado y/o la eliminación segura de los residuos y efluentes que genera. Además, la mejora de los procesos químicos con vistas a la defensa del medio ambiente y la mejora de la seguridad, constituyen en la actualidad un área de actividad importante dentro de la industria química y un factor de peso en la competitividad de las empresas.

Se incluye también la actuación sobre aquellos aspectos que suponen un impacto de los distintos sectores industriales sobre el medio ambiente, y a la vez el desarrollo de la metodología y procedimientos para la aplicación de los principios de la Operaciones Básicas y la Ingeniería de la Reacción Química a la preservación del medio ambiente. El tratamiento, destrucción y/o eliminación de los residuos generados, junto con los efluentes gaseosos y líquidos constituyen temáticas destacables en este apartado.

De manera más concreta, este apartado incluye las siguientes líneas prioritarias de actuación:

- 1) Desarrollo de procesos y productos de bajo impacto ambiental. Procesos no convencionales basados por ejemplo en fluidos supercríticos, líquidos iónicos, etc.
- 2) Mejores técnicas disponibles. Tecnologías de minimización de residuos en origen. Empleo y obtención de materias primas menos contaminantes, modificaciones del proceso productivo, etc. Reducción del consumo de materias primas y energía. Eliminación de productos peligrosos del ciclo productivo. Reciclado y valorización de residuos y subproductos. Tratamiento de residuos nucleares.
- 3) Desarrollo de tecnologías avanzadas para la destrucción/eliminación de contaminantes: especialmente, compuestos orgánicos volátiles y eliminación de olores en efluentes gaseosos; contaminantes persistentes en efluentes gaseosos y líquidos mediante procesos avanzados; destrucción térmica, oxidación avanzada e hidrogenación.
- 4) Desarrollo de metodologías, ensayos y herramientas que permitan la previsión del comportamiento y efectos de los productos químicos en el medio ambiente y de los agentes contaminantes y materiales reciclados o eliminados.

Tecnologías de fabricación de celulosa y papel

La producción de papel es un proceso tecnológicamente muy complejo y en constante innovación, procedente en su mayor parte de los suministradores de la maquinaria, de las materias primas y de los aditivos químicos.

Por otro lado, la química también tiene una creciente importancia no sólo en la obtención de celulosa, sino también en la fabricación del papel. Asimismo, la mejora de los estándares medioambientales ha sido uno de los más importantes motores de la innovación tecnológica en el sector, con la creciente tendencia, por ejemplo, a la producción de celulosa blanqueada libre de cloro elemental (ECF), e incluso totalmente libre de cloro (TCF), reemplazándolo por oxígeno, ozono o peróxido de hidrógeno, o la utilización cada vez mayor de especies vegetales genéticamente mejoradas.

Otro aspecto muy importante es el aumento del reciclado del papel, fuente continua de desarrollo de nuevas tecnologías y de innovación, bien para eliminar el contenido creciente de impurezas, cada vez más finas y pertinaces como consecuencia del mayor número de reciclados, bien para recuperar las características originales, o también para mejorar la eficiencia energética de los procesos.

También se desarrollan nuevas enzimas para el blanqueo de la celulosa que conducirán a procesos más limpios, o para la eliminación de la tinta en el reciclado del papel o para la mejora de calidad en papeles recuperados.

Por otro lado, la mejora de la eficiencia energética en los procesos de la producción de celulosa y papel, la utilización creciente de biomasa para la producción de vapor así como el número creciente de instalaciones de cogeneración son fuentes permanentes de innovación tecnológica continuada.

Teniendo en cuenta las características específicas de este sector, será necesario actuaciones movilizadoras cuyo objetivo sea impulsar el desarrollo e implantación de una actividad consolidada y planificada de I+D+I, a medio plazo, que aporte nuevas soluciones tecnológicas en el sector de fabricación de la celulosa, el papel y el cartón, abarcando todo el ciclo de vida del producto. Esta industria tiene un carácter multidisciplinar que condiciona sus proyectos de innovación tecnológica, al abarcar diferentes áreas temáticas.

La definición de una prioridad temática para el sector papelero en el Plan Nacional de I+D+I debe responder a una serie de especificidades de la situación actual como son:

- Las prioridades de las empresas, orientadas a la obtención de resultados que mejoren la utilización de materias primas, sus procesos y resuelvan problemas operativos o logísticos reales.
- Número reducido de centros de investigación con competencia en el ámbito de las tecnologías de fabricación de celulosa y papel.
- Reducido número de empresas con actividad continuada en investigación aplicada y en el desarrollo de tecnología propia.
- Fuerte dependencia tecnológica externa de las empresas: compra de "know-how" de sus suministradores.

Por ello se pretende con esta prioridad temática motivar a los distintos actores del sector a la realización de proyectos de investigación básica, aplicada y en cooperación, fomentando la creación de grupos de investigación multidisciplinarios.

De manera más concreta, este apartado incluye las siguientes líneas prioritarias de actuación:

- 1) Estudios y programas de modificación de la estructura y composición de las materias primas naturales que contribuyan a mejorar los procesos de producción y las propiedades de la pasta de papel.
- 2) Valorización de residuos forestales en la industria de pasta.
- 3) Aumento de la eficiencia en el consumo de materias primas y energía.
- 4) Minimización y valorización de los residuos y subproductos de los procesos.
- 5) Tratamiento de los efluentes líquidos, emisiones gaseosas y residuos sólidos.
- 6) Mejoras en los procesos de producción de pasta orientadas a la mejora de calidad y rendimientos (deslignificación biológica, empleo de especies forestales mejoradas)
- 7) Mejoras en los procesos de blanqueo de pastas orientadas a la reducción de la contaminación y a la mejora de calidad (blanqueo ECF, TEC, bioblanqueos)
- 8) Aplicación de enzimas a la industria del papel (bioblanqueo, recuperación y destintado, eliminación de "pitch", "stickies")
- 9) Evaluación y caracterización de la celulosa contenida en los papeles recuperados.
- 10) Mejora en los procesos de depuración y clasificación de fibras secundarias.
- 11) Mejoras en los procesos de reciclado y destintado de papel/cartón orientadas a aumentar la eficacia, selectividad y calidad del producto.
- 12) Nuevos aditivos para mejorar la fabricación y las prestaciones del papel.
- 13) Estudio de la migración de contaminantes en papeles/cartones en contacto con alimentos y desarrollos de métodos analíticos de control para el cumplimiento de las especificaciones en estas aplicaciones.

- 14) Comportamiento del papel ante las nuevas técnicas y tintas de impresión
- 15) Simulación y estudio del comportamiento mecánico del papel de embalaje, del cartón ondulado y de las cajas de cartón.
- 16) Relación estructura – propiedades en productos papeleros
- 17) Integración de procesos de producción.
- 18) Desarrollo de tecnologías de sensores y control para la automatización de procesos.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

En el ámbito de la investigación básica se hace necesario disponer de instalaciones diversas como: de radiación sincrotrón y de neutrones, equipamiento medio/grande para análisis estructural en química, equipos informáticos y de cálculo de altas prestaciones para química computacional y teórica, equipamiento de laboratorio de Química Combinatoria y plantas piloto.

Gran parte de las necesidades de grandes instalaciones en el programa de Ciencias y Tecnologías Químicas deben concretarse en la construcción y operación de plantas piloto, en las que se pueda abordar el cambio de escala de desarrollos previos, realizados generalmente en las universidades y centros tecnológicos, con posibilidades de aplicación industrial.

Estas plantas piloto deberían potenciar la cooperación entre los centros públicos de investigación, los centros tecnológicos y las empresas. Deberían instalarse en centros estructurados de forma que dicha colaboración se haga realidad, por lo que debería potenciarse la estrategia de apoyo a la construcción de dichas plantas piloto, siempre que se pueda garantizar tanto la conexión industrial de las investigaciones realizadas como su continuidad operativa. Asimismo, como medio de incentivar la participación de la industria debería procurarse la confidencialidad y seguridad de las investigaciones desarrolladas. El grado de interés de los socios industriales que utilizarían estas plantas piloto debería reflejarse en la participación económica de las empresas interesadas en su financiación y funcionamiento.

Otro tipo de instalación de interés para los sectores industriales implicados en el área de ciencias y tecnologías químicas serían equipamientos y/o sistemas con alto grado de flexibilidad para su utilización por los centros de investigación para la producción de cargas a escala piloto de desarrollos avanzados de laboratorio, y/o por las empresas para la puesta a punto de procesos nuevos o mejoras introducidas en los existentes y que posibiliten la acreditación de sus productos de cara a los objetivos de la nueva política europea de productos químicos. De nuevo, la participación de socios industriales en estas iniciativas es indispensable.

Surge también la necesidad de inventariar todo aquel equipamiento específico para la preparación de productos o para la determinación de sus propiedades macroscópicas que sea de uso específico para un campo de investigación y que, por su elevado coste, no sea fácilmente asumible por un laboratorio de investigación. Paralelamente, habrá que favorecer con un plan de ayudas públicas el uso compartido de tales equipos.

Tras la elaboración de un inventario de las plantas piloto existentes y un análisis detallado de su estado de operación, deberá establecerse la implantación de un plan público de ayudas que permita la mejora en equipamiento de las actualmente operativas y que fomente la creación de nuevas instalaciones (definidas en base a los desarrollos que se encuentran en fase de transferencia al sector industrial), estableciendo un sistema de evaluación y seguimiento que garantice la supervisión de su funcionamiento.

4.1 Estrategia relativa a los centros de competencia

En términos generales, dado el mapa actual de centros públicos y privados de investigación en España, tras el crecimiento de los mismos en los últimos años, parece más apropiado el apoyo a centros ya existentes que la creación de nuevos, dotándolos de la adecuada infraestructura a nivel de equipamiento, recursos humanos de calidad y ampliación de espacios.

No obstante lo anterior, se considera que es necesario establecer en el territorio español una serie de centros en sectores con carencias concretas, como por ejemplo un Centro de Innovación y Tecnología sobre recubrimientos orgánicos (pinturas, barnices, etc.) que de respuesta tanto a las numerosas necesidades del sector como a los usuarios de sus productos.

Por otra parte, parecen multiplicarse los centros y/o grupos de investigación que trabajan sobre temáticas similares sin el adecuado contacto sinérgico entre ellos. Debe promocionarse una política para el establecimiento de grupos de trabajo más amplios, multidisciplinarios, que permitan el estudio de los problemas desde perspectivas complementarias. Además, se hace indispensable la participación de las empresas en estos grupos de trabajo como medio para generar una estrecha conexión entre el progreso científico y la producción industrial.

En este sentido, la creación de nuevos centros en el programa de Ciencias y Tecnologías Químicas debe contemplarse como una asociación de investigadores y tecnólogos procedentes de las universidades, centros tecnológicos y empresas, alrededor de las plantas pilotos mencionadas en el apartado anterior, lo que aseguraría el funcionamiento correcto de las mismas, la búsqueda colaboración universidad-centros tecnológicos-empresa, y la transferencia de las investigaciones al sector empresarial.

El concepto de centro distribuido en red, generado alrededor de una gran instalación o planta piloto, o la creación de redes temáticas y la posibilidad de intercambio de personal, son acciones fructíferas, que permitirían a la vez coordinar los trabajos realizados en estas instalaciones y potenciaría su uso.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa nacional

Se valoran en este apartado las siguientes acciones de acompañamiento, de carácter horizontal, para dinamizar la actividad de I+D en el Programa Nacional de "Ciencias y Tecnologías Químicas".

5.1 Recursos humanos

Las universidades españolas y los centros de investigación públicos y/o privados están bien preparadas para admitir y formar doctores. Debe potenciarse y priorizarse la política de becas predoctorales en las áreas de interés para los sectores industriales que puedan absorber a los doctores una vez formados. Deben desarrollarse eficazmente los programas de formación de técnicos.

Deben cuidarse especialmente los programas de incorporación de los doctores y tecnólogos existentes en el ámbito del programa a las empresas, como garantía para que la empresa consiga personal cualificado para desarrollar programas de I+D a largo plazo en España. Asimismo, se debe potenciar el empleo eficaz de los recursos de investigación (técnicos y humanos) de ámbito público por las empresas españolas con I+D propio a través del establecimiento de colaboraciones para la ejecución de proyectos de I+D+I que impliquen la acción combinada y continuada de investigadores del sector público y de las empresas.

Por otra parte, es altamente deseable la contratación a largo plazo, dentro del sistema público, de investigadores formados que permitan ampliar los grupos de competencia, sin que ello suponga la adquisición de la condición de funcionario, aunque sí se debe garantizar una cierta estabilidad en el empleo. En este sentido, sería recomendable la continuidad de programas como el actual "Ramón y Cajal". El personal cualificado contratado hará una importante tarea, sirviendo de enlace entre los investigadores de los centros y los de las empresas.

En cuanto a la movilidad de personal investigador, nuestro país no tiene una tradición equiparable a la de otros países de nuestro entorno y se hace necesario incentivar este aspecto que generaría "aire fresco" en los grupos de investigación y favorecería la conexión de grupos.

Por último, habría que potenciar la valoración por parte de las empresas y la Administración del título de Doctor como máximo nivel formativo alcanzable.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

Deben recibir especial atención las acciones de valorización y explotación de resultados, y particularmente el apoyo a la creación de empresas de base tecnológica y a la producción de patentes, para disminuir la distancia que aun nos separa de otros países con similar nivel de desarrollo. En particular, es de interés el apoyo económico a la solicitud y mantenimiento de patentes por parte de investigadores de universidades y centros públicos, así como una mayor valoración académica de las patentes. El programa a desarrollar precisa de una íntima interacción entre la investigación realizada en centros públicos o privados de investigación y el sector empresarial, en el ámbito de la transferencia de resultados. En este sentido, sería deseable que aumentara el peso de la colaboración contrastada con empresas (contratos con empresas; estancias en empresas para proyectos planificados, patentes, etc.) en los baremos de calidad de la carrera científica para animar la colaboración con las empresas de los grupos de investigación y multiplicar la oferta de I+D pública hacia el sector privado.

Debería elaborarse el mapa de empresas españolas con I+D propio, clasificadas por actividades industriales, y de los centros públicos de investigación, clasificados por áreas de especialización, del ámbito de ciencias y tecnologías químicas, con inclusión de información sobre personas de contacto a nivel de I+D, medios técnicos y ubicación de las instalaciones.

Se deberá completar el papel de las OTRIs en el ámbito de la creación de empresas y la coordinación industrial con centros públicos y privados, así como favorecer la posibilidad de generación de empresas mixtas público-privadas desde los propios centros de investigación en los parques científico-tecnológicos. Estas empresas tecnológicas deberán ser capaces de absorber y explotar los logros científico-técnicos alcanzados en los centros de investigación y ponerlos a disposición de los usuarios finales.

La difusión a los sectores empresariales podrá además lograrse mediante el patrocinio de congresos científico-técnicos que faciliten el intercambio de ideas y la cooperación en acciones conjuntas de desarrollo, o foros en los que se den a conocer propuestas de los agentes ofertantes de tecnología (universidades, organismos públicos de investigación y centros tecnológicos) y necesidades de los agentes demandantes (empresas).

Se necesita desarrollar estructuras eficientes para la transferencia de la I+D+I. Para ello, hay que potenciar el desarrollo de portales de Internet, como el denominado Espacio Virtual de la I+D+i de la Química que actualmente desarrolla FEIQUE. Estos espacios virtuales intentan ser un punto de encuentro entre la empresa y la investigación, donde se debe dar respuesta a las demandas de los actores involucrados en la I+D+I de la Química.

Como resultado, una herramienta de este tipo, contando con el apoyo del Ministerio de Ciencia y Tecnología, ayudaría a la coordinación entre el sector público y el privado para encontrar el equilibrio

adecuado que evite duplicidades innecesarias y fomente la colaboración entre los grupos de investigación con líneas similares.

La escasez de capitales disponibles para los inversores privados puede llegar a ser un inconveniente importante para la industria española de alta tecnología, en su conjunto. Se podría aumentar la innovación mediante la creación de un entorno amigable para las empresas emprendedoras, el establecimiento de mercados de capital riesgo y bancos de inversión, y la simplificación de los trámites administrativos para la creación de empresas, en especial las de base tecnológica.

5.3 Cooperación internacional

Las actuaciones de mayor importancia estarían en el apoyo a la participación en programas internacionales de I+D, en facilitar la cooperación de otros países en proyectos específicos del área y en el apoyo para el establecimiento de acuerdos entre instituciones españolas y países prioritarios para España.

En el marco de la UE ya existen programas supranacionales a los que es imprescindible adaptarse para conseguir colaboraciones con centros de calidad extranjeros en proyectos concretos correspondientes a las áreas prioritarias europeas. Este tipo de interacción propicia el uso común de grandes instalaciones ya existentes, en muchos casos infrautilizadas. En este ámbito es importante que se mantengan acciones de cofinanciación para los proyectos aprobados en los programas marco europeos.

En un ámbito más amplio, es importante también establecer programas de cooperación con países iberoamericanos y del área mediterránea en vías de desarrollo. Una parte de esta colaboración contemplaría el intercambio de investigadores.

Hay numerosos programas europeos e internacionales, promovidos tanto por la industria como por las organizaciones competentes, relacionados con las ciencias y tecnologías químicas, en los que hay escasa representación de investigadores españoles.

Ejemplos de programas internacionales donde participa la Industria:

- SUSTECH, sobre desarrollo de tecnologías.
- LRI, investigación de Largo Alcance.
- AllChemE, promoción de la Química.
- "Green Chemistry".
- ERA Chemistry.

En otro ámbito es deseable potenciar una participación más activa de la Administración en los Comités Internacionales de Normalización, cuyas resoluciones constituyen una referencia para el desarrollo de nuevos productos y métodos de ensayo.

5.4 Aspectos Socioeconómicos

- Prestar atención a las actuaciones que permiten disminuir el grado de dependencia tecnológica en los diferentes subsectores.
- Potenciar la acreditación de laboratorios que den respuesta a los objetivos de la nueva política europea de productos químicos (Sistema REACH).
- Fomento de proyectos de mayor dimensión y alcance y de proyectos coordinados. Incremento del tamaño de los grupos de investigación.
- Necesidad de llevar a cabo estudios sobre los factores humanos, organizativos, socioeconómicos y reguladores que conduzcan a las empresas hacia una producción y consumo sostenibles. En concreto, se apuntan los siguientes aspectos:

- Nuevos métodos de organización, de trabajo y de mejora del capital humano, mediante el desarrollo de nuevas estructuras y prácticas laborales. Se han de considerar como herramientas cruciales para la innovación y producción competitiva, integrados en la gestión del conocimiento y la tecnología.
- Desarrollo de nuevas técnicas para potenciar las capacidades individuales y de las propias organizaciones para aprender y adaptarse a los cambios necesarios impuestos por la innovación, calidad de vida y preservación ambiental.
- Mejorar la imagen social de la Química.
- Consideración de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en el marco del área: software científico, centros distribuidos en red, adquisición y comunicación de datos, instrumentación de procesos, etc.

6 Relación con otros programas nacionales

Tal como se ha comentado en apartados anteriores, el carácter pluridisciplinar que tienen la investigación básica en química y la tecnología química las hace situarse en una interfase con otras disciplinas como la física, los materiales, la biotecnología, la biomedicina, etc. Además, una buena parte de las actividades que se desarrollan en el área de energía y del medio ambiente están plenamente localizadas dentro del núcleo de los procesos químicos. Concretando lo anterior, se pueden citar las siguientes áreas relacionadas con la que aquí se trata, a efectos de la necesaria coordinación:

Área de Ciencias de la Vida:

- P.N. de Biomedicina. Diseño molecular de nuevos fármacos cabeza de serie, modelización molecular y química computacional.
- P.N. de Biotecnología. Estudio y tratamiento de secuencias de DNA y proteínas. Predicción y modelado de estructura de proteínas, diseño de moléculas bioactivas.
- P.N. de Biología Fundamental. Desarrollo de la química biológica necesaria para el diseño e implementación de biosensores.

Área de Ciencias y Tecnologías Agroalimentarias y Medioambientales:

- P.N. de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias. Tecnologías químicas aplicadas a la producción de alimentos.
- P.N. de Ciencias y Tecnologías Ambientales. Algunos temas concretos de posible coincidencia serían aquellos en los que se utilizan tecnologías químicas: residuos, minimización, reciclado, reutilización, ciclos de vida, métodos de seguimiento de variables medioambientales, control de la contaminación, tratamiento y calidad de aguas, suelos.

Área de Ciencias del Espacio, Matemáticas y Física:

- P.N. de Física de Partículas. Tecnologías de detectores y aceleradores de partículas. Radiación sincrotrón y de neutrones.
- P.N. de Matemáticas. Modelado, simulación numérica.
- P.N. de Física. Nanociencia y nanotecnología.

Área de Energía:

- P.N. de Energía. Tecnologías de almacenamiento y transporte de energía. Pilas de combustible. Biocarburantes.

Área de Química, Materiales y Diseño y Producción Industrial:

- P.N. de Materiales. Nuevos materiales y estudio de su fenomenología física y química. Modelización y simulación de materiales y procesos. Síntesis de partículas y fibras. Capas y recubrimientos superficiales. Desarrollos orientados a aplicaciones. Materiales para las tecnologías químicas.
- P.N. de Diseño y Producción Industrial. Análisis, modelado y simulación de productos y procesos. Desarrollo de equipos de ensayo, pruebas y medida. Mejora de procesos de fabricación y producción. Sensores. Optimización del ciclo de vida del producto: desarrollo sostenible y reciclabilidad de materiales. Seguridad, fin de vida e impacto medioambiental.

Área de Seguridad y Defensa:

- P.N. de Seguridad y P.N. de Defensa. Municiones, polvoras y explosivos. Sensores. Bioseguridad.

Área de Transportes y Construcción:

- P.N. de Construcción. Desarrollo de polímeros, adhesivos, elastómeros, fibras y materiales compuestos para su aplicación en construcción.

Programa Nacional de Materiales

1 Ámbito del programa nacional

El concepto científico-técnico de Materiales responde a un área de gran desarrollo tanto en el ámbito de la investigación como en el industrial. Su fuerte implantación en el sector productivo corre pareja con una comunidad científica numerosa y de alto nivel.

Este Programa Nacional trata de responder a las necesidades de ambos sectores así como a su interrelación, proceso este último que ha sido intenso desde los primeros momentos del Plan Nacional de I+D+I.

La generación de nuevos conocimientos viene siendo muy importante en los últimos años, tanto desde el punto de vista del material como de los procesos que le afectan. Las micro y nanotecnologías, la simulación mediante ordenadores, las técnicas de estudio de las estructuras y comportamientos, las nuevas técnicas de procesamiento, todo ello contribuye a la aparición de materiales nuevos o dotados de características nuevas, que generan otros campos de aplicación o dan soluciones a aplicaciones preexistentes.

Todo ello supone un esfuerzo de abrir nuevas líneas de exploración de la materia y de las posibilidades de actuar sobre ella. La investigación básica tiene un papel esencial en la apertura de nuevas posibilidades. El programa incorpora temas de particular actualidad como ejemplos de la línea de trabajo que se pretende, sin que ello se plantee de modo limitante. La calidad y el avance en el conocimiento deben ser los criterios a tener en cuenta en este nivel.

La mayor competitividad, los nuevos productos y las soluciones adaptadas a las necesidades del desarrollo sostenible, son retos de un sector industrial donde se mezclan las empresas de alto contenido tecnológico, con un gran sector tradicional en fuerte evolución innovadora.

En el presente programa se propone un capítulo especial para el desarrollo de instrumentación avanzada. El área de Materiales es gran usuaria de tecnologías de caracterización y preparación sofisticadas y de alto contenido científico-técnico. Muchas de estas técnicas solo están disponibles en grandes instalaciones, frecuentemente internacionales, como son las basadas en radiación sincrotrón o de neutrones. La adaptación de equipos a necesidades cada vez más exigentes supone una ocasión de adquirir y poner a punto tecnologías que facilitan la competitividad de nuestras empresas más innovadoras en un mercado internacional muy restringido pero de gran valor añadido.

2 Justificación de la priorización del programa

La Ciencia y Tecnología de los Materiales está considerada como una de las tecnologías clave necesarias para sustentar el desarrollo de nuevos productos y servicios que contribuyan de manera decisiva

al incremento del bienestar en nuestra sociedad. El carácter horizontal y naturaleza multidisciplinar en la aplicación de los materiales, ofrece un especial atractivo e interés para numerosos sectores productivos del tejido empresarial, que dependen de los avances científico-técnicos del área de materiales para la innovación en sus procesos, productos y aplicaciones. En cualquier caso, se describen, a continuación, algunos criterios que justifican la priorización del Programa Nacional de Materiales en el contexto del Plan Nacional 2004-2007.

2.1 Criterios científicos

El Programa Nacional de Materiales (PNM), desde su aparición en 1988, ha desarrollado una importante actividad científica y tecnológica que ha permitido consolidar una alta calidad científica, tanto a nivel nacional como internacional.

a) El Programa Nacional de Materiales en el ámbito internacional.

El PNM existe como tal, en todos los países avanzados, siendo uno de los programas que cuenta con más actuaciones y presupuesto económico. Baste como ejemplo el presupuesto del Programa "Competitive and Sustainable Growth" del V Programa Marco de la Unión Europea (1988-2002), dedicado a Materiales, el de "Nanotechnology and Nanosciences, Knowledge-based Multifunctional Materials, New Production, Processes and Devices" del VI Programa Marco y el del Programa "Division of Material Research" de la National Science Foundation (NSF).

El libro "European White Book of Fundamental Research in Materials Science", MAX-PLANCK INSTITUT, 2001, refleja la importancia de la Ciencia de Materiales en Europa en la competitividad industrial, crecimiento económico y alto nivel de vida, dentro de un desarrollo sostenible, y la necesidad de desarrollar una serie de objetivos y acciones urgentes en relación a los retos planteados.

Cabe señalar que, a finales del 2002, ha surgido una nueva iniciativa para cooperar entre los Programas de Materiales de los principales países europeos y de EEUU:

- En Nanociencia, con países como Alemania, Francia, Gran Bretaña, Suiza, Italia y otros, por medio de la European Science Foundation, ESF.
- Directamente con grupos de Materiales de EEUU, por medio de la National Science Foundation, NSF.

b) Calidad científica y competitividad

Otro aspecto a destacar es el elevado nivel científico de los grupos que componen el área de materiales. Los indicadores de calidad arrojan un índice superior a la media mundial e incluso europea. Actualmente, existen en nuestro país, en el ámbito de materiales, grupos consolidados a nivel nacional e internacional, algunos de cuales tienen reconocida la máxima categoría científica. Prueba de ello puede ser el elevado número y calidad de los premios de investigación conseguidos: Varios Premios "Príncipe de Asturias", muchos Premios Nacionales, Torres Quevedo, Juan de la Cierva, Dupont y otros Premios Internacionales.

Otro hecho que procede destacar en relación con este Programa, es la elevada competitividad alcanzada en el ámbito internacional por numerosos grupos de investigación que componen la comunidad científica y tecnológica y el sector empresarial del área de Materiales. Las cifras de retorno del V PM son un claro indicador: 7.3% en Materiales y 8.1% en Productos, siendo la media del retorno español del 6.3.

c) Formación

Desde hace tiempo se viene produciendo en el Área de Materiales una alta demanda de especialistas en Ciencia y Tecnología de Materiales formados con los instrumentos del Plan Nacional de I+D+I y

otros, para su incorporación al sector empresarial y al sistema público de I+D. El alto nivel de formación conseguido por los jóvenes se puede medir por el éxito en convocatorias internacionales.

d) Colaboración con el sector empresarial

La colaboración creciente entre la industria y la comunidad científica-tecnológica es un hecho cada día más evidente. Esto se debe, por una parte, a la fuerte competitividad por parte de los países en vías de desarrollo en los materiales más tradicionales. Por otra, los avances en temas de normativa (medio ambiente, energía, comunicaciones, transporte, etc.) exigen cambios en los métodos de producción, mejora de materiales y desarrollo orientado al ciclo material-proceso-aplicación y reciclado. Todo ello hace que las empresas necesiten desarrollar materiales y procesos más avanzados para lograr productos de alto valor añadido por lo que se hace imprescindible la colaboración de éstas con grupos activos del área. El Plan Nacional viene dando cobertura a este tipo de colaboraciones y ha contribuido a que las comunidades científico-tecnológica y empresarial coincidan en la necesidad de una mayor colaboración por medio de programas y actuaciones específicas. Es necesario que esta política se siga manteniendo para alcanzar niveles del entorno europeo y conseguir, de esta forma, dar respuesta a los retos crecientes de desarrollo tecnológico.

Las razones expuestas anteriormente muestran que el área de materiales contribuye eficazmente a elevar el nivel científico y tecnológico del país así como al desarrollo industrial. Todo ello justifica la existencia de un Programa Nacional de Materiales en el período 2004-2007. Es necesario insistir en el carácter multidisciplinar y complementario del área de materiales con otras actividades de importante incidencia social. Hay que tener presente que la mayor parte de los desarrollos que se están experimentando en la actualidad en áreas de gran impacto social, como es la genética, la biotecnología, las comunicaciones, no pueden ni podrán realizarse sin el aporte de materiales de estructura controlada y morfología o incluso geometría específicas. Es, en este aspecto, donde el área de materiales adquiere el máximo reconocimiento social.

2.2 Criterios de carácter tecnológico y sectorial

a) Aplicación de los materiales en los sectores

El concepto de tecnologías de los materiales y su implicación en el ámbito industrial está lógicamente ligado al de sus aplicaciones, de forma que se puede hablar de materiales para el transporte, la construcción, la energía, la medicina y la salud, para la electrónica y comunicaciones, etc. Dentro de este contexto los materiales relacionados con las actividades tecnológicas de mayor impacto en el tejido industrial español son los siguientes:

- Acero y fundiciones, aluminio y otros materiales metálicos y aleaciones de primera transformación así como productos transformados, en los que se incluyen colados, forjados, estampados, pulvimetalurgia, etc.
- Polímeros y materiales compuestos de matriz polimérica, e incluso sistemas híbridos cerámica-polímero.
- Materiales cerámicos, vítreos y vitrocerámicos incluyendo cerámicas tenaces avanzadas.
- Recubrimientos y capas.

Los sectores con relevancia en la aportación al PIB industrial español directamente relacionados con estos tipos de materiales serían:

- Material de Transporte (Aeronáutica, Automoción, Ferrocarril y Naval).
- Construcción e ingeniería civil.

- Fabricación de maquinaria y bienes de equipo.
- Energía y aprovechamiento de fuentes renovables.
- Productos de consumo como electrodomésticos, electrónica, etc.

b) Algunos datos económicos del área de los materiales

El valor de las ventas de este conjunto de sectores industriales relacionados con el ámbito de los materiales alcanzó en 2.000 los 105.000 millones €. La actividad innovadora de la industria de los materiales puede considerarse como la que arroja las cifras más elevadas en el contexto industrial. Así, a modo de ejemplo, la industria aeronáutica española destina el 12% de sus ventas a actividades de I+D y, de este porcentaje, el 70% está destinado a innovaciones relacionadas con los materiales y sus procesos de transformación. Igualmente, el sector de automoción emplea para I+D una media del 6% de sus ventas, de cuya cifra más del 60% está relacionada con los materiales. En cifras globales, la inversión en I+D en España, en los sectores relacionados con la tecnología de los materiales supone un valor medio del 5,5% en relación con la cifra de facturación.

En cuanto al personal empleado en actividades de I+D, incluyendo acciones de innovación tecnológica, también se encuentra muy condicionado por el tamaño de la empresa. En tanto que en las grandes empresas la media puede ser de un 5% del personal de plantilla, en el caso de las pymes esta cifra está en el entorno medio del 2% de la plantilla. En conjunto, la industria de los materiales dispone de un personal dedicado a actividades de I+D del orden de unas 15.000 personas.

c) Aspectos generales del desarrollo de los materiales en España

Los sectores industriales españoles relacionados con las tecnologías de los materiales disponen en general de un notable reconocimiento internacional tanto por la calidad de sus componentes, como por la variedad de sus productos. Sin embargo, existen aspectos poco desarrollados e innovadores que deberán ser abordados para mantener e incrementar la competitividad de los sectores industriales relacionados con estas tecnologías.

Así, la industria metálica en general (siderurgia, aluminio, transformados metálicos) posee una elevada calidad y variedad en sus productos, basados en una considerable capacidad tecnológica que apoyan centros públicos y tecnológicos de reconocido prestigio en el ámbito internacional. Sin embargo, apenas se fabrican en España aleaciones de aluminio de alto valor añadido, como es el caso de las empleadas en el sector aeronáutico, así como otros tipos de aleaciones no férreas y sus transformados, o bien sistemas compuestos de altas prestaciones en donde entran a formar parte fibras de alto módulo, de enorme interés en aplicaciones donde la relación peso/resistencia resulta imprescindible.

En cuanto a la industria relacionada con la cerámica y el vidrio, España se encuentra, desde el punto de vista tecnológico, en una posición preeminente en el contexto internacional, salvo en algunas aplicaciones muy concretas que son, precisamente, las de mayor valor añadido (vidrio de aplicaciones especiales, cerámicas avanzadas, etc.) y que, por tanto, hay que fomentar.

Del mismo modo, el sector de transformación de materiales plásticos presenta un grado elevado de desarrollo tecnológico, si bien se aprecia una carencia en cuanto a la variedad de termoplásticos y termoestables avanzados así como una fuerte dependencia exterior en cuanto a bienes de equipo y materias primas.

Por lo que se refiere a los materiales compuestos de matriz orgánica, España posee un excelente nivel de desarrollo en materiales estructurales de fibra de carbono para el sector aeronáutico. Sin embargo, parece fundamental priorizar el desarrollo de tecnologías más automatizadas de producción de materiales compuestos con objeto de que las empresas, algunas de ellas pymes, estén en disposición de participar en programas tanto aeronáuticos como de otros sectores.

Finalmente, en el caso de materiales denominados funcionales, si bien en los últimos años se han desarrollado aplicaciones en los ámbitos de los materiales magnéticos y de los biomateriales, el nivel general de desarrollo es una de las grandes debilidades del sector, por lo que es importante realizar un esfuerzo a corto plazo para mantener y aumentar la competitividad de la industria nacional.

2.3 Criterios relacionados con la sostenibilidad

El establecimiento por parte de la Comunidad Europea de criterios dirigidos a conseguir un crecimiento y desarrollo sostenibles en clara concordancia con el medio ambiente, exige una consideración especial al aprovechamiento de la biomasa y materiales renovables, así como al reciclaje de productos industriales.

El fin del ciclo de vida de los productos es una gran prioridad en el ámbito nacional e internacional, por lo que se impone la consideración de un concepto global sostenible, basado en la relación material/proceso/propiedades/comportamiento en servicio/ciclo de vida, para el desarrollo futuro de la industria de materiales. El desarrollo socioeconómico de nuestro país en los últimos años, ha propiciado el consumo de productos de toda índole y naturaleza, lo cual acarrea los desafíos tecnológicos correspondientes en su eliminación, aprovechamiento, tratamiento, etc., al finalizar su vida útil.

Los materiales metálicos tienen, en general, bajo impacto medioambiental ya que, tras el ciclo de vida, su reutilización se encuentra muy desarrollada en general, salvo los productos que contengan cromo, níquel, cadmio, y otros elementos considerados nocivos para la salud y ecosistemas. En este aspecto, la posición española es similar a la de los países del entorno comunitario europeo.

Los materiales de naturaleza orgánica tanto poliméricos como compuestos, tienen algunos problemas para su aprovechamiento o reutilización, derivados de su propia naturaleza química. Este es un reto tecnológico que está siendo abordado en los últimos años y que deberá continuar. Asimismo, será necesario el desarrollo de nuevos materiales orgánicos degradables mediante procesos químicos, biológicos, ... La situación española en cuanto al desarrollo de todos estos aspectos tiene un buen nivel de competencias en el ámbito internacional.

Otros productos de gran consumo en el sector de electrodomésticos, automoción, etc., tienen todavía importantes retos tecnológicos relacionados con el reciclado al finalizar su vida en servicio. En este aspecto, la posición tecnológica española es claramente inferior a la de los países más avanzados de nuestro entorno.

Los materiales y componentes electrónicos merecen especial atención debido a la presencia de gran variedad de elementos, algunos de los cuales se consideran altamente nocivos para la salud y ecosistemas. En España existen algunas empresas que están alcanzando un elevado grado de especialización en el tratamiento de este tipo de productos. En el ámbito europeo existen varios proyectos relevantes de I+D con participación de empresas y centros de investigación españoles, para aportar soluciones tecnológicas sostenibles.

Otros tipos de materiales fundamentalmente inorgánicos, cerámicos, etc. no plantean requisitos especiales en cuanto a su impacto medioambiental, ya que son de fácil reciclado y reutilización.

Un ámbito de gran interés, por su requerimiento de materiales avanzados, es el sector de la energía. Esta necesidad se manifiesta tanto desde el punto de vista de los materiales necesarios para la construcción y operación de diversos sistemas de generación-transformación-almacenamiento-captación de energía-distribución (hidrógeno, pilas de combustible, captación fotovoltaica, superconductores, etc.) como de la eliminación de subproductos y otros efectos nocivos resultantes de dichos procesos. En relación con este último aspecto, aunque los sistemas de eliminación de contaminantes están relativamente desarrollados cuando se trata de su uso en grandes instalaciones (como en el caso de plantas térmicas de producción de electricidad), no lo están tanto para pequeñas instalaciones o fuentes móviles.

3 Estructura y objetivos del programa

El Programa Nacional de Materiales se estructura en áreas temáticas que abarcan el conocimiento fundamental de los mismos, su desarrollo y procesado, considerando aspectos relacionados con la normativa europea así como los desarrollos orientados a las aplicaciones en diferentes sectores estratégicos para nuestro sistema de Ciencia-Tecnología-Empresa. Se completa con la consideración de las tecnologías de apoyo más avanzadas, así como con el planteamiento de dos acciones estratégicas bien definidas en ámbitos muy específicos, en los que el tejido de ciencia y tecnología español requiere un especial impulso para alcanzar, en breve plazo, una posición más competitiva en el ámbito internacional.

La actividad en la investigación y desarrollo tecnológico considerados en este programa hace referencia a los aspectos prioritarios que proporcionen el necesario desarrollo en nuevos materiales y tecnologías de procesado, para promover un avance decisivo en el posicionamiento del sistema ciencia-tecnología-empresa español en el entorno competitivo internacional, incluyendo los aspectos que configuran el nuevo Espacio Europeo de Investigación. La orientación general del programa recoge el desarrollo de nuevas funcionalidades y la mejora de prestaciones de los materiales y tecnologías de transformación, como factores clave del proceso de innovación, con la profundización en un contexto amplio en el conocimiento de los fenómenos físicos y químicos involucrados. Recoge, asimismo, la investigación y desarrollo en materiales y procesos, orientado a la cobertura de necesidades y desafíos a corto y medio plazo, en sectores de relevancia industrial y social. Se tendrán en consideración aquellas áreas emergentes donde, además de su interés científico-tecnológico, se pueda aprovechar la experiencia adquirida por grupos de probada relevancia y excelencia, todo ello dentro de un adecuado contexto de estructuración multidisciplinar. Igualmente, se consideran claves todos los aspectos que potencien el desarrollo sostenible en sentido amplio. Por tanto, serán especialmente atendidas las mejoras relacionadas con la aplicación de tecnologías limpias o de cero residuos o que supongan ahorro energético, así como mejoras en la salud, en el medio ambiente y en la seguridad de los usuarios y ciudadanos.

Entre los objetivos básicos de este programa se encuentra el de proporcionar un adecuado soporte a las necesidades de I+D+I del tejido industrial español, con el fin de:

- Potenciar la mejora de la competitividad con objeto de incrementar el valor añadido de los materiales, procesos y productos, para satisfacer las necesidades y requerimientos de los clientes.
- Favorecer el incremento de las cuotas de mercado de las empresas españolas en el ámbito nacional e internacional, mediante el desarrollo de nuevos productos, procesos o servicios, así como mediante la mejora sustancial de los existentes.

Todo ello deberá estar unido a la mejora de las condiciones de trabajo, a la mejor utilización de los recursos naturales y a la protección del medio ambiente, alcanzando así las condiciones que garanticen un crecimiento sostenible. Las prioridades establecidas en el presente programa, están relacionadas entre otros, con los siguientes aspectos:

- Las actividades de investigación y desarrollo para la mejora de materiales, procesos, productos y servicios relacionados con los materiales considerados convencionales y que tienen un claro efecto tractor en la economía, siendo el soporte base del tejido industrial del país. En este contexto, se incluyen entre otros, la industria del acero y otros productos metálicos, los materiales cerámicos, plásticos y sus compuestos.
- La investigación y desarrollo en materiales y procesos, en los que determinados sectores de la industria del país son altamente dependientes. En este contexto, se incluyen las necesidades de investigación en algunas aleaciones ligeras, superaleaciones y otras aleaciones para aplicaciones a elevada temperatura, cerámicas de ingeniería, biomateriales y otros materiales funcionales, necesarios para el desarrollo de productos de alto valor económico y estratégico.

- Las actividades de investigación y desarrollo en materiales y procesos considerados más emergentes, como son las micro- y nanotecnologías-nanociencias, materiales para sistemas y estructuras inteligentes y otros.

Las prioridades establecidas en este programa, recogen nuevos conceptos de investigación básica y abordan objetivos que conducen a la generación de conocimientos a medio o largo plazo, juntamente con aspectos de investigación y desarrollo tecnológico más genéricos dirigidos hacia el desarrollo en materiales y procesos de evidente aplicabilidad industrial a corto y medio plazo, así como la cobertura de necesidades tecnológicas prioritarias para los diferentes sectores industriales. Se pone especial énfasis en la necesaria multidisciplinariedad de los equipos investigadores para abordar con éxito el logro de los objetivos científico-tecnológicos propuestos en el presente programa. Las prioridades temáticas identificadas son:

- Nuevos materiales y estudio de su fenomenología física y química
- Desarrollo y procesado de materiales
- Desarrollos orientados a las aplicaciones
- Tecnologías de apoyo

Se han identificado además dos acciones estratégicas:

- en Biomateriales
- en Nanociencia y nanotecnología, que implica a este programa junto a los de Diseño y producción industrial, Tecnología electrónica y de comunicaciones y Física, y que se desarrolla de forma común para todos ellos.

Nuevos materiales y estudio de su fenomenología física y química

Desarrollo de investigación de calidad en aspectos innovadores de alto riesgo y orientada a su aplicabilidad a medio y largo plazo. La prioridad de las actividades estará centrada en la síntesis y desarrollo de materiales novedosos con características potenciales de interés para el uso industrial. Igualmente, se abordarán actividades de investigación orientadas a la generación de conocimiento de los fenómenos físicos y químicos involucrados en la comprensión de las relaciones composición-estructura-propiedades de los materiales, cualesquiera que sea su naturaleza.

En el contexto de la investigación relacionada con los objetivos señalados, se prestará especial atención al estudio de la fenomenología física y química, en los que la escala nanométrica o molecular resulte determinante. En particular, se considerarán sistemas de baja dimensionalidad y geometría controlada (uni- o bidimensional) mediante técnicas adecuadas de fabricación y procesado, así como heteroestructuras nanodimensionales. El desarrollo y optimización de metodologías específicas de caracterización y determinación de propiedades de materiales son otros de los aspectos que podrán considerarse en este caso. Estas actividades podrán estar relacionadas con el desarrollo de nueva instrumentación, tanto de caracterización como para la síntesis y procesado de materiales.

Asimismo, se prestará considerable interés a las actividades de I+D relacionadas con el desarrollo y empleo de herramientas y estrategias computacionales de modelización y simulación, orientadas al diseño de nuevos materiales con características definidas y la predicción de las propiedades de los materiales.

Tomando en consideración los objetivos científico-tecnológicos que se abordan en este contexto, serán de especial interés los proyectos que fomenten la participación-colaboración de los agentes del sistema de CTE. Los objetivos anteriores pueden concretarse en las siguientes líneas de actuación:

Nuevos materiales

La investigación se centra principalmente en el diseño y síntesis de nuevos materiales que proporcionen propiedades superiores a los ya existentes, o introduzcan nuevas funcionalidades y/o fenómenos. Especial atención merecerán los materiales multifuncionales en los cuales dos o más propiedades físicas o químicas coexistan en un mismo material, o incluso presenten una sinergia entre las propiedades. En este contexto, se incluye el desarrollo de estrategias para obtener nuevos materiales "por diseño", utilizando para ello aproximaciones tanto sintéticas como computacionales (obtención de materiales híbridos y compuestos, técnicas de auto-ensamblado, desarrollo de ingeniería supramolecular y cristalina,...). También se contempla la materia condensada blanda, incluyendo los medios híbridos que implican a moléculas biológicas.

Teoría y fenomenología física y química

Teoría y modelización: La complejidad estructural y electrónica de los nuevos materiales y los nuevos fenómenos derivados de las mismas requieren un fuerte apoyo teórico para modelizar sus propiedades. Este tipo de investigación implica tres niveles: 1) Estudio de la estructura electrónica y de las propiedades de las unidades componentes del material; 2) Cálculo y simulación de las propiedades nano, micro y macroscópicas del material; 3) Simulación teórica de las propiedades del dispositivo (estudio de las interfaces y de los contactos).

Fenomenología Física y Química: Además de la caracterización básica de los nuevos materiales mediante las técnicas físico-químicas convencionales, se contempla, en particular, el estudio de materiales en condiciones extremas (muy bajas o altas temperaturas, altas presiones, altos campos magnéticos,...), o en condiciones específicas (medidas de fotoconductividad, magnetorresistencia, fotomagnetismo, electroluminiscencia,...) con el fin de comprender los nuevos fenómenos físicos o químicos que pueden surgir de las características químicas, estructurales y electrónicas de los materiales. Entre los fenómenos de interés se incluyen las transiciones de fase; las propiedades magnéticas, eléctricas y ópticas; la superconductividad; las estructuras magnéticas y electrónicas; la biestabilidad a escala molecular; los fenómenos de no equilibrio; los procesos de reconocimiento molecular y de auto-ensamblado y su influencia sobre la síntesis y reactividad química de los materiales; los derivados de la naturaleza de la interfase en los materiales híbridos, así como las propiedades electroquímicas y de almacenamiento de carga.

Desarrollo y procesado de materiales

En este apartado, los objetivos planteados abarcan el amplio contexto de los diferentes factores y parámetros involucrados en las relaciones composición-estructura-proceso-propiedades-aplicaciones, orientados al desarrollo de materiales de cualquier naturaleza con elevadas prestaciones mediante procesos optimizados. Además, se prestará atención a las transformaciones que permitan desarrollar formas y geometrías relacionadas con sus aplicaciones. Se consideran, asimismo, incluidos, los objetivos orientados a las mejoras en los materiales y procesos de interés tecnológico ya existentes y en los cuales se persiga mayor adaptación a las condiciones de uso y aplicación con el aumento de su valor añadido. En todos los casos, deberán considerarse objetivos concretos relacionados con la mejora radical o incremental, ya sea por los materiales o los procesos involucrados, en los aspectos de función, transformación, aplicación, comportamiento en servicio, reciclabilidad o reutilización de los materiales, reducción de costes, aumento de la productividad y calidad de los productos, así como la minimización del impacto medioambiental relacionado con los procesos.

En consecuencia se consideran de máximo interés tanto la mejora de la preparación como la transformación de materiales para la optimización del proceso y la consecución de mejores productos ade-

cuados a los requerimientos del mercado según las diversas formas de utilización de los materiales, así como el desarrollo de nuevas metodologías de caracterización a escala nano y microestructural, y el análisis de las propiedades de materiales avanzados, ya sean estructurales o funcionales.

Se prestará especial interés a las actividades relacionadas con el desarrollo y aplicaciones de las nanotecnologías, considerándose, entre otros aspectos prioritarios, los relacionados con el desarrollo de nanopulvos, la nanoestructuración en alguna de las dimensiones del material, el autoensamblado y autoorganización, nanomáquinas moleculares y bio-moleculares, interfaces biológico-no biológicos y, en general, todos los aspectos de investigación y desarrollo en los que la escala nanométrica sea determinante. Se destacará cualquier logro en la mejora de las propiedades de los materiales más utilizados a nivel nacional: aceros estructurales y automoción, aceros para el conformado y de fácil mecanizado, aceros resistentes al fuego, a la corrosión, al desgaste, saludables (acústica, temperatura,...) y los materiales sandwich y composites saludables.

Este punto cubrirá la etapa de corto-medio plazo, desde la investigación básica hasta la fase de desarrollo precompetitivo, que se considera como básico y esencial para el apoyo al tejido industrial e incluirá el apoyo al sistema productivo, para hacerlo y mantenerlo competitivo en una economía globalizada.

Se consideran tanto los nuevos productos y procesos, como la mejora de los existentes y en todos los casos, los objetivos serán compatibles con el desarrollo sostenible, por lo que se adaptarán a las Normativas Europeas actuales y futuras. Los proyectos innovadores orientados a cumplir futuras exigencias normativas, serán considerados como prioritarios.

Modelización y simulación de materiales, procesos y comportamiento en servicio

Se abordará la modelización de materiales mediante el empleo y aplicación industrial de herramientas computacionales considerando aspectos de función, aplicación y comportamiento en servicio. Asimismo, se incluyen las actividades orientadas a la modelización de las relaciones composición-estructura-propiedades de los materiales. Se contemplan, igualmente, la modelización y simulación de los procesos de elaboración y transformación de materiales en sus diversas formas, así como el desarrollo de modelos predictivos para la incorporación de inteligencia a los procesos. Dentro de este contexto, se contemplan las estrategias orientadas al desarrollo y aplicación de sistemas de prototipado rápido.

Resultan de especial interés los desarrollos orientados a la monitorización del comportamiento de los materiales y componentes en servicio, tanto por razones de seguridad y fiabilidad como económicas. En este contexto, se contempla el desarrollo de modelos para la simulación de los materiales en condiciones de servicio, así como la aplicación práctica de sistemas novedosos de monitorización del comportamiento de los materiales en uso.

Desarrollo de materiales con elevadas prestaciones

En este apartado se incluyen las actividades de investigación y desarrollo orientadas a la mejora sustancial de las características y propiedades estructurales y funcionales de los materiales actualmente existentes. Asimismo, se considera de especial interés el desarrollo de materiales novedosos de cualquier naturaleza y geometría, que proporcionen ventajas en su aplicación con respecto a los materiales existentes, teniendo mejores propiedades y características relacionadas con el uso y ciclo de vida, por reducción de costes, ahorro energético en su producción, mejor reciclabilidad o menor impacto medioambiental. Tendrán especial consideración el desarrollo de materiales multifuncionales para sistemas y estructuras inteligentes.

Atendiendo a los aspectos de forma y geometría de los diferentes tipos de materiales en relación con su aplicación más general, la orientación de las prioridades científico-tecnológicas está relacionada con los siguientes aspectos:

Métodos avanzados de síntesis: Actualmente existe un reto planteado, tanto a nivel académico como de desarrollo industrial, para adaptar modernas tecnologías, limpias, eficaces y respetuosas con el medio ambiente, que aseguren el control de la estructura, tamaño molecular, morfología y tamaño de partícula de materiales avanzados. Entre otros, se deberán considerar sistemas catalíticos de alta eficacia, metodologías de producción en ausencia de disolventes o utilizando medios no contaminantes, así como el desarrollo y aplicación de metodologías avanzadas de sol-gel, síntesis térmica controlada, activación fotoquímica de procesos, microondas, procesos en continuo y metodologías específicas para la obtención de polvos, fibras y sistemas nano- o microporosos, así como sistemas multifásicos y las aplicaciones biotecnológicas para la síntesis de materiales.

Superficies e intercaras: Tiene cada vez mayor importancia industrial el desarrollo de materiales en forma de capas, películas y recubrimientos de naturaleza diversa, obtenidos mediante procesos físicos, químicos y electroquímicos o de modificación superficial por haces de iones, tanto de vía seca o húmeda como térmica. En un contexto amplio, se consideran prioritarias las actividades de I+D orientadas a la mejora de los materiales de aplicación actual en la ingeniería de superficies e intercaras, contribuyendo así a la optimización en la funcionalización superficial de los materiales en general.

Tendrán especial consideración el desarrollo de nuevas composiciones de materiales para capas, películas y recubrimientos con propiedades y características novedosas o sustancialmente elevadas en relación con el comportamiento o la aplicación. De manera orientativa, se priorizarán las mejoras en las propiedades y características frente a la corrosión, tribología, altas temperaturas, fatiga y otras aplicaciones, así como en las propiedades de carácter químico, eléctrico, óptico, magnético, entre otras, con aplicaciones en el campo electrónico y optoelectrónico, sensores, actuadores y otros.

Materiales másicos y porosos: Tienen especial interés las actividades de investigación y desarrollo orientadas a la mejora sustancial de las propiedades y características de los materiales existentes, así como el desarrollo de nuevos materiales metálicos, orgánicos, polímeros, cerámicos, multimateriales, materiales de gradiente funcional e híbridos, así como sus correspondientes materiales compuestos, tanto si son de carácter másico como poroso. Se persigue que mediante las actividades desarrolladas en este contexto, los nuevos materiales proporcionen mejoras competitivas con respecto a los de aplicación actual, ya sea en razón del incremento de sus propiedades y características generales o específicas, mejor procesabilidad, reducción de costes, mayor reciclabilidad, fiabilidad en uso o, en general, mayor adaptación a las condiciones de aplicación, uso o servicio.

Procesos de elaboración y transformación de materiales

Los procesos empleados para la transformación de los materiales, ya sea como fabricación de producto final o en el contexto de la cadena de elaboración de productos más complejos, tienen un impacto decisivo sobre la competitividad de los diferentes tipos de materiales y su aplicabilidad en productos que respondan satisfactoriamente a las necesidades y demandas del mercado.

Procesos convencionales: Tendrán interés las actividades orientadas a la mejora sustancial de la productividad y competitividad de los procesos industriales actuales. Deberán ser considerados como prioritarios los aspectos relacionados con la mejora de la calidad de los productos, la reducción de los costes de fabricación y la minimización o eliminación de los residuos industriales.

Nuevas tecnologías de procesado de materiales: Tienen especial interés las actividades de I+D sobre nuevas tecnologías de proceso y transformación de materiales, orientados tanto a la fabricación de nuevos materiales como al desarrollo propio, de los nuevos procesos. En este contexto se incluye, a modo orientativo, el desarrollo de nuevas técnicas de consolidación de polvos, de conformado de precisión (near-net-shape), partiendo de materiales en forma líquida y suspensiones como materiales sólidos, de tecnologías de procesado de materiales de matriz orgánica, así como de tecnologías para la obtención de materiales diversos con porosidad controlada. También serán de interés las nuevas tecno-

logías de unión de materiales similares y disimilares, y el desarrollo de nuevas tecnologías para el tratamiento de superficies e intercaras a través de procesos de vía húmeda y seca, térmicos y otros.

La miniaturización de componentes y sistemas requiere el desarrollo de técnicas específicas orientadas a la transformación de los materiales mediante el amplio uso de las microtecnologías. En este sentido serán prioritarias las actividades de investigación y desarrollo en tecnologías de microinyección, microestampación, microlitografía, microdepósito de capas y películas, microuniones y otros procesos avanzados de miniaturización y ensamblaje, necesarios para la fabricación de componentes, sistemas y microdispositivos.

También tendrán especial consideración los procesos inteligentes de fabricación o transformación de materiales, incluyendo el desarrollo de las actividades de modelización, sensorización y actuación para la incorporación de inteligencia artificial a los procesos convencionales.

Desarrollos orientados a las aplicaciones

La Ciencia y Tecnología de Materiales tiene un evidente impacto en el desarrollo de la mayoría de los sectores y aplicaciones industriales, de todo lo cual se deriva su absoluta horizontalidad y consideración como tecnología clave. La investigación y desarrollo orientado desde las aplicaciones tiene como objetivo la cobertura de necesidades para la integración de los materiales en sistemas más complejos. Los criterios que deben tenerse en cuenta en la selección de las actuaciones incluyen, tanto la función específica que deben cumplir los materiales, como los aspectos de fabricabilidad y procesabilidad, los costes y la fiabilidad en su uso o servicio. La inclusión del concepto de ciclo de vida completo se considera primordial para la definición de cualquier aplicación. Para la optimización de este ciclo es fundamental la reducción del ciclo diseño-ingeniería de producto-prototipado-fabricación-homologación y el establecimiento de relaciones entre material-proceso-propiedades-comportamiento, tanto para puesta en servicio como en determinación de fin de ciclo de vida.

En el presente programa tendrán especial consideración las actividades orientadas a proporcionar soluciones competitivas a las necesidades y objetivos planteados en otros Programas Nacionales en los que las actuaciones en ciencia y tecnología de los materiales sea determinante. Se tendrán en cuenta, además, las actuaciones orientadas a la investigación prenormativa, con objeto de adecuar los materiales y los procesos a las normativas nacionales y comunitarias.

Materiales para la construcción

El sector de la construcción continúa siendo uno de los más activos con respecto al diseño y desarrollo de materiales de altas prestaciones, incluyendo la mejora de propiedades específicas, tanto para aplicaciones de carácter tradicional, como para la producción de sistemas prefabricados ligeros, así como para el aprovechamiento de residuos en construcción. El desarrollo y las exigencias de las normativas europeas de construcción en cuanto a resistencia al fuego, durabilidad, estanqueidad, aislamiento, etc., requieren el desarrollo de materiales reforzados, incluidos los nano-compuestos, así como recubrimientos resistentes a la corrosión, desgaste, fatiga, abrasión y protección térmica y acústica. La utilización de sistemas compuestos e híbridos, así como de multimateriales, exigen el diseño y formulación con una selección rigurosa de los materiales y componentes, tomando igualmente en consideración el desarrollo de las técnicas de soldadura y unión de materiales avanzados para construcción. Igualmente, son de interés el conocimiento de los mecanismos de degradación de los materiales de construcción y los estudios sobre materiales, orientados a la conservación del patrimonio histórico.

Materiales para el transporte

El transporte constituye un sector de enorme importancia socioeconómica, tanto a pequeña como a gran escala, y cualquier contribución sobresaliente en el sector debe estar basada en el desarrollo de

materiales con propiedades específicas con especial incidencia en aspectos estructurales, de absorción de impactos, mayor tolerancia al daño, incremento de seguridad y relación propiedad/densidad mejorada y materiales funcionales. En cuanto a resistencia a las condiciones atmosféricas, será muy interesante el desarrollo de materiales con resistencia a la corrosión mejorada, con estabilidad frente al envejecimiento, así como sistemas multimateriales (activos-adaptativos) y sistemas compuestos que proporcionen mejor comportamiento a impacto, amortiguación de ruidos y vibraciones con objeto de ofrecer mayor seguridad y confort.

Atendiendo a las tecnologías de transformación el estudio de sistemas de unión y soldadura sigue manteniendo una gran importancia, así como el desarrollo de materiales capaces de trabajar en condiciones extremas de temperaturas, de especial relevancia en aplicaciones aeroespaciales, y de sistemas capaces de soportar altas temperaturas o, por el contrario, condiciones criogénicas.

Pensando en el crecimiento sostenible y amigable con el medio ambiente, se deberán apoyar aspectos relacionados con nuevas capas y recubrimientos, así como tecnologías asociadas a la conservación del medio ambiente en las mejores situaciones posibles y al reciclado de los materiales que forman parte de componentes de vehículos fuera de uso.

Materiales para las tecnologías químicas

La aportación de materiales en el ámbito de los grandes procesos de transformación y de la Química Fina, con sistemas catalíticos y adsorbentes selectivos de especial relevancia en control medioambiental, fotocatalisis, electrocatalisis, así como sensores químicos, constituye un reto actual en este sector. El desarrollo de nuevos sistemas de membranas que ofrezcan selectividad y caudal óptimos son relevantes en áreas de importancia social como es la depuración de productos secundarios, con énfasis en los procesos de depuración de aguas. Para ello, también se deberán considerar materiales y recubrimientos resistentes a ambientes agresivos.

Materiales para la energías renovables

El sector de la Energía está experimentando notables evoluciones tanto en los aspectos de generación, como de almacenamiento y distribución, con los correspondientes desafíos y retos para la ciencia y tecnología de materiales. En este contexto, la aportación de materiales de diseño con propiedades y características específicas resulta decisivo para conseguir soluciones óptimas en sectores emergentes como son las pilas de combustible de baja y alta temperatura, tanto para aplicaciones de generación distribuida como para transporte y otras aplicaciones -vector hidrógeno en su conjunto-, desarrollo de conceptos innovadores de generación fotovoltaica y en diodos emisores de luz -materiales orgánicos, híbridos y láminas delgadas-, materiales y componentes para generadores eólicos de alta potencia, incluyendo, asimismo, materiales y elementos para el almacenamiento de energía eléctrica como baterías, supercapacitores y para su transporte -superconductores de altas corrientes críticas, cintas y cerámicas texturadas- e integración en sistemas de potencia.

Materiales para las tecnologías electrónicas y comunicaciones

En materiales para la industria y aplicaciones electrónicas se consideran de interés, entre otros, los aspectos relacionados con la integración de semiconductores, dieléctricos de alta y baja permitividad, conductores metálicos transparentes, dispositivos para magnetoelectrónica, materiales para electrónica molecular, materiales funcionales sobre soportes flexibles y dispositivos multifuncionales, electroópticos, fotomagnéticos, vidrios electrónicos y, en general, el desarrollo de materiales que proporcionen mejoras sustanciales a la competitividad de los productos.

Los materiales para las tecnologías de comunicaciones tienen un importante campo de desarrollo en el contexto de la electrónica ágil y dispositivos inteligentes, así como en el desarrollo de semiconductores de gap ancho, materiales con propiedades fotónicas mejoradas, diodos láser y otras aplicaciones que proporcionen ventajas tecnológicas competitivas en las aplicaciones y productos del sector.

Materiales para el espacio

Las actividades espaciales han constituido uno de los motores del diseño, desarrollo y aplicación de materiales avanzados y, de cara al futuro, se necesitarán elementos para estructuras ligeras, materiales para medios biotrópicos y sistemas quirales, recubrimientos para filtros, guías de onda, antenas conformables, sensores y sistemas tribológicos.

En cuanto a las misiones científicas, la demanda está relacionada con la necesidad de materiales y estructuras multifuncionales, así como la mejora del comportamiento en condiciones térmicas severas (por ej., telescopios en ambiente criogénicos o cápsulas de reentrada sometidas a elevadas temperaturas), así como para la necesaria protección a la radiación espacial. La necesidad de disminuir el peso de los instrumentos y equipos (robots, microsátélites, microcápsulas,...) llevará a la necesidad de incorporar micro y nanotecnologías con la consiguiente disminución del tamaño, proporcionando, además, mayor funcionalidad. Tienen también especial interés el desarrollo de materiales, detectores y sensores para las misiones internacionales en las que participa nuestro país. Por otro lado, tiene gran importancia el desarrollo de nuevos materiales en condiciones de microgravedad.

En cuanto a los aspectos relacionados con la observación de la tierra se requieren materiales con mayor estabilidad dimensional y mecánica para la integración de cámaras multispectrales, antenas reconfigurables, así como materiales para componentes de telecomunicaciones que permitan pasar de frecuencias de Ghz a Thz.

Se contemplan, asimismo, las actividades de investigación y desarrollo en materiales relacionados con los lanzadores en los cuales se plantean actuaciones para la reducción del peso de los componentes, aumento de la fiabilidad de los mismos, mejora del comportamiento criogénico de tanques y desarrollo de materiales avanzados para lanzadores reusables.

Materiales para la salud y bienestar social

La demanda social en la mejora de la salud ha situado las actividades de investigación y desarrollo orientado con dicho objetivo, como una de las máximas prioridades de carácter nacional e internacional. En este contexto, tiene reconocida relevancia el desarrollo de materiales para su aplicación en el campo de la biomedicina, tanto en cuanto a biomateriales y materiales biológicos como a dispositivos biomédicos. Los desafíos y objetivos en este campo están relacionados con el desarrollo de nuevos biomateriales de naturaleza diversa –metálica, cerámica, orgánica, biológica– con características específicas de compatibilidad, actividad, mimetismo,... así como la funcionalización de superficies, la mejora de las interfaces biológica-no biológica. Se incluyen, también, los desarrollos orientados a la miniaturización de componentes, sistemas y dispositivos biomédicos, mediante el empleo de microtecnologías, así como la aplicación de las nanotecnologías y nanociencias orientadas a su aplicación en el campo de la salud. También son de interés las actividades relacionadas con la ingeniería de tejidos, la incorporación de inteligencia a los materiales y dispositivos, así como el estudio de los mecanismos de deterioro y fallo de los biomateriales y materiales biológicos, en servicio.

Materiales para maquinaria y bienes de equipo

El importante tejido industrial español fabricante de maquinaria y de bienes de equipo en general, requiere de la ciencia y tecnología de los materiales soluciones tecnológicas relacionadas con el aligeramiento de las estructuras y componentes, proporcionando, además, un sustancial aumento de las pres-

taciones en servicio y con un coste inferior. Las tecnologías de fabricación representan un elevado porcentaje del coste total de los productos elaborados, por lo que resulta necesario abordar el desarrollo y aplicación de nuevos procesos más eficientes y de bajo coste. Igualmente, serán considerados de interés el desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías de unión, así como nuevas capas y recubrimientos que mejoren el comportamiento al desgaste, fricción y corrosión, de los materiales y componentes. Asimismo, tendrá interés la aplicación de materiales, componentes y sistemas que apliquen inteligencia para la monitorización y diagnóstico del comportamiento en servicio. También debe prestarse atención al desarrollo y aplicación de materiales para componentes y sistemas sometidos a condiciones extremas de trabajo, ya sean éstas debidas a sollicitaciones mecánicas estáticas y dinámicas, elevadas presiones o de temperaturas extremas, u otras condiciones que puedan ser críticas para su aplicación

Materiales para otros sectores prioritarios

El desarrollo de los materiales tiene una elevada incidencia para la competitividad de diversos sectores prioritarios del tejido industrial español. Así, por ejemplo, el sector del envase y embalaje plantea, entre otros objetivos, la necesidad de disponer de materiales y sistemas para el envasado inteligente de productos perecederos, así como el desarrollo de materiales con superficies repelentes a la acción microbacteriana. Igualmente, para responder a las exigencias de las próximas directivas europeas para el envasado de productos, se requieren nuevos materiales y recubrimientos compatibles con dichas normativas.

En el caso de los sectores de productos de consumo duradero tales como los electrodomésticos, se requieren nuevos materiales que proporcionen, sobre todo, mayor adaptación de los productos a las necesidades y condiciones de uso, con mayor durabilidad y fiabilidad y reducción de costes, así como para el desarrollo de nuevas funciones y aplicaciones en un entorno inteligente.

El sector agroalimentario demanda, entre otros aspectos, el desarrollo de materiales sensores e inteligentes para nuevos equipamientos. Por otro lado, los sectores tradicionales como textil, calzado, madera, cerámicas, vidrio, refractarios y otros, están inmersos en nuevos desarrollos en los que la tecnología de los materiales es básica o tiene una gran implicación para la puesta en el mercado de nuevos productos de alto valor añadido, así como para el desarrollo de nuevas funcionalidades. Serán de interés, por tanto, todas las actividades de investigación y desarrollo que proporcionen mejoras competitivas sustanciales, a través de los materiales y sus procesos de transformación.

Tecnologías de apoyo

Este programa se caracteriza por el uso de tecnologías avanzadas para la preparación, caracterización y procesado de Materiales. La realización de I+D de alta calidad requiere disponer de dichas metodologías y, por ello, es recomendable llevar a cabo esfuerzos en desarrollos propios que generen ventajas competitivas. A continuación, se indican algunas de las tecnologías de apoyo que es recomendable desarrollar.

- Equipos para la obtención de materiales en condiciones especiales.
- Mejora sustancial de las técnicas convencionales de caracterización.
- Nuevas técnicas de caracterización avanzadas, con especial énfasis en aspectos submicrométricos o nanométricos.
- Equipos para el estudio de materiales en condiciones extremas (muy altas y bajas temperaturas, altas presiones, campos magnéticos intensos, etc.).
- Técnicas para el estudio de la dinámica y fluidodinámica de materiales en intervalos amplios de tiempos/frecuencias característicos.

- Tecnologías de instrumentación de análisis e inspección con sistemas no destructivos en condiciones extremas de presión y/o temperatura.
- Instrumentación para grandes instalaciones (centros de radiación sincrotrón y neutrones, acelerador de iones, etc.).
- Técnicas y métodos para el desarrollo de Nanomateriales y Nanotecnologías.

ACCIÓN ESTRATÉGICA EN BIOMATERIALES

En España existe un considerable grupo de investigadores que trabaja en el campo de los Biomateriales y que ha sabido alcanzar un excelente nivel de investigación a nivel internacional. Sin embargo, faltan dos acciones importantes para el adecuado avance de la investigación en España en este campo que son: la necesidad de la participación en proyectos de expertos en diferentes áreas como: Materiales, Biología Molecular y Celular, Farmacia, Medicina y Cirugía, Veterinaria,.. y la segunda necesidad es la interrelación con empresas españolas interesadas en el sector. Esta colaboración debe ofrecer a las empresas las bases de los nuevos productos mejorados con diferentes propiedades, con el fin de mejorar su comportamiento y conseguir un mayor bienestar y calidad de vida de los pacientes.

Investigación para la innovación

La ingeniería de tejidos o la obtención de implantes en los que se necesita bioactividad, propiedades anticoagulantes o bien que sean inteligentes (por ejemplo, materiales capaces de liberar fármacos por variaciones de pH) son aspectos estratégicos para el futuro próximo. Dentro de este apartado, se pueden concretar los siguientes aspectos de máximo interés:

- Interacción entre entidades biológicas y no biológicas.
- Aspectos físico-químicos, topográficos y biológicos de la superficie que afectarán a su comportamiento biológico.
- Reabsorbilidad de los materiales por el medio fisiológico.
- Substratos para ingeniería de tejidos. Ingeniería de tejidos. Birreactores.
- Liberación controlada y dirigida de principios activos, hormonas, enzimas y fármacos: Vectorización, Transporte y Aplicación.
- Biomateriales nanoestructurados: Autoensamblado molecular, superficies nanoestructuradas, superficies con adhesión proteica selectiva, etc.
- Materiales naturales y biomiméticos.

Biomateriales convencionales mejorados

Dentro de los Biomateriales convencionales, existe la necesidad de optimizar sus propiedades y buscar aditivos, así como de desarrollar nuevos tratamientos para obtener una mejora del biomaterial. Esta investigación debería incorporarse a la empresa con facilidad. Entre los diferentes materiales, los de mayor interés son los siguientes:

- Polímeros: Hidrogeles, polímeros reabsorbibles, polímeros inteligentes, bioadhesivos, nuevas rutas de funcionalización en polímeros.
- Metales: Recubrimientos bioactivos, nuevas aleaciones sin elementos alergogénicos. Metales y aleaciones inteligentes.

- Cerámicas: Cerámicas y vitrocerámicas bioactivas, cementos óseos basados en fosfatos de calcio. Biovidrios, cerámicas para componentes articulares, materiales con porosidad controlada.
- Materiales Compuestos: Materiales compuestos reabsorbibles, materiales compuestos para aplicaciones biomédicas estructurales, materiales de obturación dental. Sellantes, materiales compuestos de matriz natural.

La industria y sus necesidades

La industria española presenta en la actualidad gran capacidad de diseño y creación de nuevos productos con propiedades mejoradas. De los aspectos que parecen más importantes para la industria en este momento, destacan la obtención de biomateriales con estructuras controladas (mecanosíntesis, precipitación, tratamientos térmicos, sinterización, método sol-gel, adición de elementos porogénicos, tensioactivos...), los procesos de mejora ante la corrosión y desgaste de las prótesis metálicas, la creación de nuevos dispositivos con aleaciones con memoria de forma, utilización de métodos computacionales para la modificación de los diseños de implantes, los efectos de los diferentes procesos de esterilización en las propiedades de los biomateriales y la necesidad de nuevos recubrimientos poliméricos en biomateriales con funciones específicas, así como la preparación de soportes porosos, hidrofílicos, etc., para Ingeniería Tisular.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

Se deben distinguir dos tipos de instalaciones

4.1 Grandes Instalaciones

Se encuadran en este apartado las instalaciones de este tipo con alta incidencia en el Programa Nacional de Materiales, como los centros de radiación Síncrotrón y de Neutrones. España tiene suscriitos acuerdos de financiación tanto en el ESRF como con el ILL, ambos en Grenoble. Por tanto, es importante rentabilizar esta participación tanto en el aspecto de tiempo de uso como en el de la participación activa en desarrollo tecnológico asociado a ellos, fomentando y facilitando la formación de técnicos especializados y la actividad de empresas y centros tecnológicos españoles con capacidad de intervención. Del mismo modo, esta actividad, especialmente en el desarrollo tecnológico, puede y debe ser extendida a otros centros ya operativos (Síncrotrones: LURE, (donde España financia una línea), Daresbury, DESY, etc. o Neutrones o muones: ISIS, LLB, HMI, Julich, PSI o bien en proyecto o construcción (SOLEIL, DIAMOND, SECOND TARGET ISIS, ESS, SNS, J. PARC).

4.2 Instalaciones de tamaño medio

Se considera como tales aquellas instalaciones que por su complejidad, alto costo de instalación y mantenimiento y generalidad de uso por una comunidad científica amplia, deban tener un tratamiento especial.

En este apartado podrían inscribirse aceleradores de iones, microscopía avanzada o centros especiales para síntesis, caracterización y procesado de materiales avanzados.

Por todo ello se enumeran las siguientes líneas de actuación, válidas para ambas categorías de instalaciones:

- a) Un programa de difusión e información de las posibilidades tanto de uso para investigación (difusión de la Ciencia), como de desarrollo tecnológico e innovación (mejora de la competitividad industrial) e infraestructura (nuevos dispositivos, mejoras, etc.), que se pueden ofrecer en estas instalaciones.
- b) Potenciar programas de investigación y desarrollo en la concepción, diseño y fabricación de instrumentación avanzada para grandes instalaciones (incluyendo tanto infraestructura en nuevos instrumentos como en máquina).
- c) Fomentar proyectos en los que el uso de estas técnicas sea necesario, especialmente en grupos de primeros usuarios.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

5.1 Recursos humanos

Uno de los problemas más debatidos de nuestro sistema es la falta de conexión efectiva entre centros de investigación, principalmente de carácter público, y empresas, potenciales usuarias de los resultados de investigación.

El actual sistema permite a los investigadores jóvenes iniciar su carrera científica mediante una política retributiva basada en las becas con la que es posible alcanzar cierto grado de madurez científica. Sin embargo, el actual sistema público de investigación no puede absorber de modo estable a todo el personal que inicia su carrera científica, de forma que se observa una tendencia a alargar mediante contratos o becas, las estancias de una parte del personal científico en los centros de investigación. Programas como Ramón y Cajal y Torres Quevedo, se presentan como excelentes instrumentos para la contratación, en condiciones dignas, de doctores y tecnólogos por parte de los OPIS, los centros tecnológicos y las empresas. Sería importante continuar y potenciar ambos programas y extender su aplicación al ámbito del personal técnico.

Sin embargo, para ello, el personal científico debería poder ofrecer a las empresas algo más que su experiencia investigadora y sus publicaciones. En este sentido, parece fundamental promover y financiar entre todo el personal investigador la asistencia a cursos no relacionados con la ciencia y la tecnología como son los cursos de finanzas para no financieros, cursos de marketing, etc., de modo que se adquiriera a todos los niveles, desde el becario predoctoral hasta el investigador más cualificado, un adecuado conocimiento de la realidad empresarial, de la que en la actualidad se observa una notable carencia en este colectivo.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

Es necesario disponer de herramientas flexibles y sencillas para trasladar los resultados de la investigación y desarrollo tecnológico a la innovación (empresa), con la consiguiente creación de riqueza, empleo y bienestar social. Estos mecanismos deben cubrir los aspectos metodológicos, de difusión, de absorción y de transferencia tecnológica.

Objetivo prioritario es el fomento de la integración entre la ciencia, tecnología y empresa, a través de sus agentes, implicando a las empresas en la necesaria colaboración con las Universidades y Centros de Investigación, para hacer llegar al mercado los resultados de las investigaciones y, por tanto, a la

sociedad. Para ello, deben existir herramientas de financiación que faciliten que las ideas lleguen al mercado y que la ciencia sea capaz de resolver las necesidades de la sociedad. Los Centros Tecnológicos deben jugar un papel importante en este proceso, debiendo establecerse procedimientos de participación y financiación adecuados a su papel y características.

Estas acciones permiten la creación de nuevas empresas de base tecnológica, que aprovechan las herramientas facilitadas por la Administración, para ampliar el tejido industrial, así como hacer más competitivas las empresas existentes, a través de la continua innovación .

5.3 Cooperación Internacional

Dentro del Programa de materiales existen múltiples actuaciones de cooperación internacional que posibilitan el desarrollo de proyectos internacionales:

a) Acciones dentro del marco de la UE

Esencialmente estarán encuadradas en el VI Programa Marco. Estas acciones cubren proyectos de diverso tipo: Proyectos Integrados (objetivos concretos de desarrollo a corto plazo), Redes de Excelencia (incluyendo grupos de distintos países europeos para su organización e integración, buscando objetivos a medio – largo plazo), otros tipos de apoyo a infraestructuras, STREP; movilidad, etc...

Otras acciones específicas dentro de la UE se gestionan a través de la ESF y sus programas específicos, como el programa SONS para Nanotecnologías en cuya primera edición ya se ha incorporado España.

b) Acciones con EEUU

Se fomentarán especialmente dado el grado de su desarrollo científico/tecnológico. Se contemplan acciones bilaterales concretas a través de la NSF en su nuevo programa de colaboración en Materiales con los países de la UE, en cuya primera convocatoria ya se ha participado. Asimismo, se fomentará en lo posible toda actuación a través de otras acciones públicas o privadas.

c) Acciones bilaterales

Existe un extenso programa de Acciones Bilaterales e Integradas mediante convenios de cooperación internacional así como entre organismos como CSIC y Universidades, y organismos equivalentes de otros países tanto europeos como de otros continentes, especialmente en casos de países en desarrollo.

d) Acciones con países hispanoamericanos

Dada la especial conexión cultural con estos países se fomentará las relaciones a través de agencias como la AECI y programas como el CYTED, y otras acciones bilaterales, en donde se incluya tanto el desarrollo de proyectos de investigación como el intercambio de personal científico/técnico. La potenciación de acciones específicas es de interés.

e) Acciones con los países de la antigua Europa del Este

Estas acciones se contemplan específicamente dentro del programa de la OTAN. En este caso, un interés especial está en la integración de científicos y en la colaboración en desarrollos tecnológicos muy notables y que debido a la especial situación de esos países sufren problemas de viabilidad.

En general, se deben fomentar y apoyar todas las actuaciones que faciliten la integración y cooperación en el ámbito Internacional de grupos españoles:

- Fomentar económicamente la participación de instituciones y empresas en Proyectos de la UE, muy especialmente la de aquellos proyectos liderados por investigadores españoles.

- Impulsar la celebración en España de Congresos Internacionales de alta calidad.
- Participación en los ámbitos de discusión Internacionales relacionados con la Ciencia y Tecnología de Materiales: a) Elaboración de Programas, b) Evaluaciones, c) Gestión de Programas.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

Ciencia, tecnología y, sobre todo, innovación son conceptos muy poco arraigados en la sociedad española si nos comparamos con países de nuestro entorno. Si bien en aspectos como la ciencia y la tecnología parece que el país posee, en algunos campos, un nivel de primer orden en el ámbito mundial, esto no es así en lo referente a la innovación, concepto mucho más cultural.

Parece, por tanto, necesario realizar una importante labor de divulgación en este ámbito con el fin de que nuestra economía productiva sea consciente de la necesidad de innovar con el objeto de mantener y aumentar nuestros niveles de competitividad. La dificultad estriba precisamente en que al tratarse de un concepto muy ligado a la cultura, serán necesarios quizás muchos planes de I+D+I para que arraigue en nuestra sociedad más allá del mero aspecto retórico.

En la actualidad puede decirse que en los medios escritos de nuestro país (prensa diaria, revistas especializadas, etc.) existe información más que suficiente como para que el público interesado esté al día en cuestiones científico-tecnológicas. La tecnología de los materiales es muy tangible desde el punto de vista divulgativo dado que muchos de los bienes que se producen son de uso común.

Parece, por tanto, interesante que el gran público conozca que de la innovación y del trabajo constante en actividades de I+D nuestra industria cerámica, por ejemplo, está entre las líderes del mundo; que muchos de los accesorios del interior del automóvil se desarrollan y fabrican aquí para todo el mundo; o que una de las pocas empresas del mundo con capacidad de fabricar vidrio para pantallas plasma de televisión está en España.

Un camino de interés para la difusión es el uso de los recursos de Internet. Siendo Red IRIS la red propia del sistema español de CTE, debe alojar y promover recursos de divulgación. Un nivel fundamental es una base datos de recursos de I+D y grupos con sus perfiles de actividad, de modo que permita la búsqueda sencilla de colaboraciones y asesoramientos. Otro nivel más divulgativo debe basarse en páginas web de descripción, en lenguaje no especializado, de los proyectos científicos e industriales de mayor interés que sean financiados, de modo que llegue a un público curioso aunque sin una formación especializada. Un último nivel, más complejo pero crucial, es una página pedagógica, dirigida a las enseñanzas básicas, que aporte conocimientos, información y experimentos, tanto para el niño como para los profesores que busquen materiales para la preparación de sus clases. Esta experiencia es ya habitual en otros países con mucho éxito, pero requiere recursos humanos especializados.

6 Relación con otros programas nacionales

El saber es multidisciplinar y el avance en ciencia y en tecnología no se produce sin una interacción constante de puntos de vista y formaciones diferentes. A lo largo de la exposición de objetivos de este programa han ido mostrándose las diversas áreas científico-técnicas que intervienen en el área de Materiales.

La síntesis y caracterización de los materiales tiene fuerte relación con las áreas de Química y de Física, particularmente en sus especializaciones de Estado Sólido y Superficies.

El procesado de los Materiales se relaciona fundamentalmente con Tecnologías Químicas.

La aplicación de los materiales es horizontal a casi todos los sectores, por lo que no procede su relación exhaustiva.

Procede mencionar por su necesidad de coordinación:

- Nanociencias y Nanotecnología: con implicaciones en Electrónica, Física, Diseño y Producción Industrial.
- Catálisis: implicado en Tecnologías Químicas por su uso.
- Biomateriales: con imprescindible colaboración de Salud.
- Diseño y simulación: implicado en Informática.

Programa Nacional de Diseño y producción industrial

1 Ámbito del programa nacional

El ámbito científico tecnológico del Programa Nacional de Diseño y Producción Industrial engloba todas las acciones de investigación básica y aplicada, desarrollo e innovación tecnológica que tengan como objetivo el desarrollo de conocimientos y avances técnicos o metodológicos que mejoren de forma evidente el diseño y generación de nuevos productos y servicios, procesos y sus medios de producción, en su ciclo de vida completo, para contribuir a la mejora de la competitividad empresarial, del desarrollo sostenible y del bienestar social.

El concepto de producto comprende aquellos componentes y sistemas destinados a su utilización y comercialización que cumplan una función, ya sea simple o compleja, fabricados en masa o bajo pedido, monomaterial (plástico, metálico, cerámico, textil, madera, etc.) o multimaterial. El concepto producción contempla el ciclo de vida completo, los procesos, componentes y medios de producción para la transformación y montaje de productos, el desensamblado y su recuperación final, incluyendo todos los aspectos relacionados con la organización y la logística.

El Programa Nacional de Diseño y Producción Industrial debe ser sinérgico con el VI Programa Marco de I+D de la UE, y contribuir a la mejora de la capacidad científico tecnológica española para lograr incrementar la participación y liderazgo de proyectos europeos. Además, debe resultar complementario con el mismo, de modo que se atiendan otras acciones de interés nacional no contempladas como prioritarias en el VI Programa Marco.

Este Programa Nacional se dirige a todos los agentes activos en el desarrollo y difusión de la tecnología: universidades, organismos públicos de investigación y centros tecnológicos, asociaciones y empresas, prestando una especial sensibilidad hacia las PYMES, tanto las pertenecientes a sectores de alta tecnología como a aquellos otros más tradicionales, cubriendo todo el espectro que va desde la investigación básica y aplicada a medio y largo plazo hasta la innovación industrial con impacto en el mercado a corto plazo; también se dirige al sector servicios, cada vez con mayor peso en la "Sociedad del Conocimiento", al que se pueden hacer extensivas las tecnologías de diseño y producción industrial. Se persigue un objetivo de excelencia, teniendo en cuenta además, el diferente grado de madurez y desarrollo tecnológico de los sectores industriales.

El ámbito científico tecnológico cubierto por el programa nacional de Diseño y Producción Industrial tiene la virtud de ser multidisciplinar, pues integra un amplio abanico de tecnologías, como son:

- Mecánica.
- Electrotecnia.
- Automática e ingeniería de sistemas.

- Electrónica e informática industrial.
- Organización industrial.

2 Justificación de la priorización del programa

2.1 Criterios Científicos

Los conocimientos científicos están en la base de muchos desarrollos tecnológicos. La investigación básica es la fuente para la resolución de problemas actualmente irresolubles, abriendo nuevos caminos y retos en el saber, la ciencia y la tecnología. El dominio de nuevos campos y la existencia de personal formado son imprescindibles para la innovación en la industria y en los servicios, y generan el nacimiento de nuevas actividades económicas que contribuyen a la mejora del bienestar social y económico.

El VI Programa Marco de I+D de la UE plantea dos áreas temáticas que presentan sinergias con el Programa Nacional de Diseño y Producción Industrial que corresponden a las "Tecnologías de la Sociedad de la Información" y a las "Nanotecnologías y nanociencias, nuevos dispositivos y procesos de producción y materiales multifuncionales basados en el conocimiento".

Las tecnologías que constituyen el Programa Nacional de Diseño y Producción Industrial tienen una consideración de prioridad además de en el Programa Marco de I+D de la UE, en el Programa Eureka (Factory), y en los programas nacionales de los principales países desarrollados. Tal es el caso de Alemania, Estados Unidos y Japón.

España tiene un significativo potencial científico-tecnológico en estas tecnologías de diseño y producción industrial, como demuestran los resultados obtenidos por las entidades españolas en el V Programa Marco de I+D de la UE en el período 1997-2002 y el número de proyectos de investigación activos del vigente Plan Nacional 2000-2003 en este campo (420). En la Línea Prioritaria de Crecimiento Competitivo, Productos y Procesos, se obtuvieron unos retornos de las entidades españolas del 9,4% sobre los presupuestos totales de dicha acción, muy superior al 6,67% del retorno medio de la participación española en todo el V PM. No obstante, hay temas emergentes y procesos de transferencia de tecnología a los que es necesario prestar especial atención y apoyo si se desea continuar contribuyendo al conocimiento científico y al desarrollo industrial de nuestro país.

2.2 Criterios Tecnológicos

El estudio realizado por el Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI) sobre las tecnologías de Diseño y Producción Industrial, identifica 6 megatendencias tecnológicas: (1) ingeniería concurrente; (2) el conocimiento como factor de producción; (3) el desarrollo de productos y procesos más innovadores, fiables, inteligentes y rentables y su incorporación a la fábrica del futuro (tecnologías híbridas, microsistemas, alta precisión, integración de las TICs, detección y control); (4) flexibilidad y especialización, el concepto clave es que no se venden productos, sino soluciones; (5) la adecuación de los recursos humanos a las necesidades de las empresas con la participación y colaboración de las universidades y centros tecnológicos, (6) cerrar el ciclo de vida completo del producto y proceso.

Estas megatendencias tienen que ver, tanto con el diseño de productos como de medios de producción y, básicamente, señalan que las empresas han de gestionar conocimientos, recursos humanos y competencias técnicas para resolver problemas de una forma ágil, flexible, fiable, rentable y sostenible. La presión competitiva lleva a las empresas hacia la disyuntiva de optar por producir el mismo producto a un menor coste, a través de la mejora de los procesos internos, añadiendo valor al proceso de fabri-

cación, o bien, ofertar un producto nuevo o mejorado con un mayor valor añadido, por lo que se ha de investigar sobre el producto o proceso.

La creciente globalización de la economía y la mayor internacionalización de las empresas, con plantas distribuidas en diferentes áreas geográficas, ha dado lugar a la llamada "empresa extendida". Empresas interconectadas a través de sus procesos de negocio, tanto internamente, como con sus proveedores y clientes, con un acceso a la información en tiempo real. Los fabricantes de componentes se están convirtiendo en suministradores de subconjuntos y proveedores de desarrollo, tendiendo los fabricantes de producto final a ser integradores de sistemas y facilitadores de servicios con una mayor dependencia de los proveedores.

2.3 Criterios Sectoriales

El tejido industrial español, principalmente constituido por PYMEs, no es ajeno a la competencia exterior que en un entorno globalizado necesita mejorar su competitividad y adaptarse a nuevas exigencias de desarrollo sostenible y producción personalizada, con ciclos de vida de producto cada vez menores, con recursos humanos más cualificados y con un desarrollo tecnológico continuado.

Uno de los problemas innatos del tejido industrial español es la escasa dimensión de las empresas, que dificulta la existencia de economías de alcance para amortizar los gastos en I+D. En este aspecto, se debería hacer un esfuerzo a nivel de política pública para crear entornos colaborativos y generar una masa crítica suficiente para abordar proyectos de mayor envergadura.

El esfuerzo y el gasto que realizan las empresas españolas anualmente en innovación tecnológica son crecientes, aunque inferior todavía a los países de nuestro entorno, con una balanza nacional de pagos por tecnología desfavorable. Este esfuerzo contrasta con el escaso aprovechamiento por parte de las empresas de los recursos científico-tecnológico disponibles en los grupos españoles de investigación. Por ello, el Plan Nacional debe hacer un énfasis en diagnosticar y solucionar los problemas existentes para mejorar el sistema de Ciencia-Tecnología-Empresa, mejorando el rendimiento global. Es necesario mejorar la producción científica, maximizar el desarrollo tecnológico y la transferencia a las empresas.

Esta necesidad queda refrendada por la encuesta del INE de indicadores de alta tecnología del año 2000, que señala que los productos de alta tecnología tienen una tasa media de cobertura exterior del 38%; siendo tasa media de cobertura del comercio exterior total nacional del 77%.

Generalizando estos datos a todo el sector de bienes de equipo, el grado de cobertura del comercio exterior es el 60 %. En el caso del sector de la máquina herramienta, excepcionalmente, la tasa de cobertura exterior es el 115 %.

Estos ratios muestran que España como país manufacturero y fabricante de bienes de equipo presenta una mejor balanza comercial que como país de alta tecnología. A ello habría que añadir el hecho de que las empresas manufactureras y todas en general, cada vez incorporan más tecnologías procedentes del exterior que de origen nacional. Por lo tanto, se debe realizar un esfuerzo para ubicar a España en el lugar que le corresponde entre los países de alta tecnología. Lo cual no significa que deban desatenderse los sectores que no estén calificados como de alta tecnología, siguiendo la terminología del INE.

Estos sectores considerados manufactureros de productos tradicionales (piel y calzado, textil y confección, madera y mueble, azulejos, juguete, bisutería, etc.) tienen un fuerte impacto en el empleo y en el PIB. Representan un empleo en torno a los 600.000 trabajadores, con un marcado carácter exportador (12.500 M€) y agrupan a un total de 40.500 empresas de carácter industrial. Tecnológicamente son muy deficitarios, teniendo una alta dependencia tecnológica de los países competidores. Además, la competencia de los países en vías de desarrollo, obliga a las empresas nacionales a redirigirse hacia otros

productos de mayor valor añadido, más técnicos, optimizando los sistemas productivos y logísticos, y con una normativa medioambiental, de la que carecen las economías emergentes.

El futuro del sistema productivo dependerá, en gran medida, del desarrollo e implantación de tecnologías de diseño y producción industrial, que posibiliten un crecimiento sostenible, competitivo y respetuoso con el medio ambiente, dando mayor independencia tecnológica y control sobre la generación de los productos y los procesos.

2.4 Criterios de interés público

Las tecnologías de diseño y producción industrial tienen grandes implicaciones socioeconómicas. La promoción de las tecnologías de diseño y producción industrial a nivel local son un foco de atracción de la inversión, que necesita verse soportada por una oferta tecnológica excelente en el desarrollo de producto y proceso.

Los productos más eficientes, seguros, ergonómicos, medio ambientalmente limpios, de mayor calidad y más baratos, posibilitan su consumo por una población más amplia, que se beneficia de su uso y crean riqueza y empleo. Sobre estas tecnologías se deposita la esperanza para un crecimiento competitivo y sostenible. Ya existen directivas europeas medioambientales, que condicionarán el desarrollo futuro de los nuevos productos y procesos.

Asimismo, las tecnologías de diseño y producción tienen aplicación en la ingeniería biomédica, ya que permiten desarrollar productos y equipos de aplicación en el ámbito sanitario, discapacitados y tercera edad, como será, entre otros, el caso de los microsistemas, tecnologías de modelado y simulación o las técnicas de diagnóstico y control automático, que tendrá un impacto muy directo y beneficioso sobre la salud. Este campo es uno de los más emergentes en los países desarrollados y en el que España cuenta con grupos de investigación con potencial de desarrollo.

Las nuevas tecnologías de diseño y producción industrial cambian los perfiles laborales de los trabajadores y tienden a potenciar el trabajo basado en el conocimiento, estamos en la "Sociedad del Conocimiento". Es necesario adecuar los perfiles académicos a las necesidades reales, y aumentar el número de doctores y tecnólogos en este programa tan multidisciplinar, tanto en las universidades y centros tecnológicos como en las empresas.

3 Estructura y objetivos del programa

Los objetivos de investigación, desarrollo e innovación tecnológica del Programa de Diseño y Producción Industrial persiguen mejorar la calidad de vida del ciudadano y el nivel de competitividad de la industria nacional, intentando con ello solventar el gran déficit tecnológico existente. El desarrollo de conocimientos en las áreas científico-técnicas asociadas (mecánica, automática e ingeniería de sistemas, electrónica e informática industrial y organización de la producción) es crucial para el diseño, producción y operación de productos, procesos y servicios innovadores y para el establecimiento de sistemas de producción más avanzados, eficientes y seguros.

El desarrollo tecnológico es cada día más intenso, con una proliferación de tecnologías diversas que dejan a las empresas un tiempo de reacción cada vez más reducido y les obligan a dedicar mayores recursos y más especializados al desarrollo e innovación tecnológica. Incorporar a un número creciente de empresas a las actividades de I+D+I es un objetivo general y prioritario del Programa.

En consecuencia, se han identificado una serie de prioridades temáticas, con sus correspondientes líneas de actuación, así como dos subprogramas nacionales: bienes de equipo y modernización de los

sectores tradicionales. Aquellas líneas de cada prioridad temática que estén enfocadas, bien hacia el sector bienes de equipo o bien hacia los sectores tradicionales, se tratarán específicamente en el subprograma correspondiente:

- Investigación y desarrollo de las tecnologías básicas
- Tecnologías de diseño industrial
 - Mejora de las herramientas de diseño industrial.
 - Desarrollo de sistemas de ingeniería en entorno colaborativo.
 - Gestión del ciclo de vida.
- Concepción y desarrollo de productos y servicios
 - Concepción de producto.
 - Análisis y simulación de productos y procesos.
 - Metodologías de ensayo, prueba y medida.
- Procesos, componentes, medios y sistemas de producción
 - Mejorar los procesos de fabricación y producción. Procesos dinámicos complejos.
 - Potenciar el desarrollo de los componentes y subsistemas, sensores, componentes críticos, accionamientos de alta dinámica y alta precisión.
 - Innovar en los medios y sistemas de fabricación, sistemas flexibles y reconfigurables.
- Sostenibilidad de los productos y sistemas de fabricación en todo su ciclo de vida
 - Diseño de productos y procesos sostenibles.
 - Uso y ciclo de vida de productos y procesos.
 - Desensamblado, recuperación y tratamiento.
 - Infraestructura y logística.
- Gestión de la información y la organización de la producción
 - Sistemas de supervisión, mantenimiento y control de planta.
 - Sistemas de programación y gestión de operaciones.
 - Modelos organizativos inteligentes en la empresa.

A continuación se exponen las líneas de actuación a desarrollar en cada prioridad temática:

Investigación y desarrollo de las tecnologías básicas

Como se ha mencionado, el desarrollo de conocimientos en las áreas científico-técnicas asociadas al programa está en la base del avance científico, la formación de personal y el desarrollo tecnológico. Por ello, potenciar la investigación en estas áreas, ligada al desarrollo del sistema CTE, es fundamental para el éxito del programa.

Muchas de las tecnologías asociadas al programa tienen un carácter básico y horizontal, en el sentido de que presentan un núcleo de conceptos y métodos generales que pueden ser aplicados a un amplio rango de productos, procesos y sistemas, para lo cual deben cooperar con las tecnologías propias de los diferentes sectores productivos. Esta dualidad presenta siempre el problema de la integración de tecnologías y abre a la vez enormes perspectivas en su aplicación a campos nuevos, no solo de la industria, sino de los servicios, medicina, biología, electrónica, defensa, etc.

El apoyo a las tecnologías básicas, si bien debe hacerse con un criterio amplio, debe enfocarse con algunas prioridades:

- A la investigación orientada por objetivos ambiciosos e innovadores relacionados con temas industriales, de interés social, etc.
- A la integración de tecnologías con criterios sistémicos.
- A la interdisciplinariedad, favoreciendo la cooperación de distintas áreas en campos de aplicación innovadores.

En concreto se favorecerá la investigación en los siguientes campos:

- Modelado de sistemas y productos. Modelado experimental.
- Simulación de sistemas y productos. Simulación distribuida. Realidad virtual.
- Detección y diagnóstico de fallos. Mantenimiento predictivo.
- Control avanzado de procesos y sistemas.
- Robótica, robots móviles y cooperativos.
- Visión artificial, tratamiento de imágenes y reconocimiento de formas.
- Instrumentación avanzada y sensores y actuadores inteligentes.
- Monitorización y análisis de datos en línea. Sistemas de gestión del conocimiento e integración de la información. Integración de gestión de producción y proceso.
- Sistemas complejos y redes de gran escala. Sistemas híbridos y cooperativos.
- Sistemas de ayuda a la decisión y optimización de procesos.
- Diseño integrado de procesos y sistemas de control.
- Mecatrónica.
- Nuevos procedimientos y dispositivos de producción inteligentes.
- Propiedades mecánicas de los materiales, especialmente nuevos materiales.
- Nuevos sistemas de unión y tratamientos de productos.
- Procesos de alto rendimiento: alta velocidad, tecnología láser, rapid tooling.
- Microsistemas, en especial electromecánicos, y sus procesos de fabricación.
- Microposicionamiento.
- Sistemas de tiempo real. Sistemas empotrados, distribuidos y tolerantes a fallos.
- Redes y comunicaciones industriales.
- Sistemas flexibles, inteligentes y reconfigurables de fabricación.
- Planificación y secuenciamiento de la producción.
- Gestión de cadenas globales de suministro.

Tecnologías de diseño industrial

El diseño de un producto tiene una gran repercusión económica a lo largo de su vida. Entre el 70 y el 80% de su coste total se determina en esta fase inicial. Una labor eficaz de diseño permite diferenciarse de la competencia, adaptarse a las condiciones biomecánicas de los usuarios, mejorar la funcionalidad, reducir los costes, acelerar el tiempo de puesta en el mercado, asegurar la calidad y, en definitiva, proporcionar una mayor satisfacción al cliente y con ello consolidar la competitividad y el éxito de la empresa en el tiempo.

Dominar las tecnologías de diseño significa concebir productos útiles y competitivos, conocer el proceso de diseño óptimo, compartiendo conocimientos y datos con otros departamentos internos y

externos a la organización, y disponer de las herramientas de diseño adecuadas, para crear, analizar, simular y hacer prototipos, así como gestionar el ciclo de vida completo del producto.

- Mejora de las herramientas de diseño industrial.
 - Desarrollo de sistemas CAx avanzados y personalizados.
 - Desarrollo de modeladores gráficos con capacidades sensoriales.
 - Herramientas de conceptualización y validación: prototipado rápido, técnicas de realidad virtual, técnicas inmersivas de realidad virtual de bajo coste, etc.
 - Herramientas para la digitalización 3D (láser, palpación, ultrasonidos, etc.)
 - Desarrollo de sistemas avanzados de simulación por elementos finitos en producto, proceso y fabricación (predicción de fiabilidad en sistemas mecánicos, simulación de procesos específicos, análisis de vibraciones, de impactos, etc.)
 - Herramientas de simulación predictiva que integran aspectos sensoriales y del entorno. Herramientas para la simulación virtual de medios y líneas de producción.
 - Desarrollo de sistemas basados en el conocimiento (sistemas KBE y KBS) y de ayuda al diseño conceptual (“case-base”, “problem-solving”) y a la toma de decisiones. Diseño basado en costes.
- Desarrollo de sistemas de ingeniería en entorno colaborativo
 - Plataformas de colaboración en entornos geográficamente distantes.
 - Utilización de tecnologías avanzadas de comunicaciones basadas en la web para formación y soporte técnico.
 - Herramientas de intercambio de información. Técnicas colaborativas de realidad virtual. Ingeniería distribuida. Bases de datos replicadas. Bases de datos distribuidas.
 - Herramientas de distribución de la información basadas en la red
 - Herramientas de integración de modelos de producto.
- Gestión del ciclo de vida
 - Herramientas integradas para la creación de modelos de producto, validación de su factibilidad y simulación del comportamiento en uso contemplando condiciones durante la vida del producto.
 - “Refabricación”: Reutilización de partes y componentes de productos con alto valor añadido para la fabricación de otros nuevos con los estándares de calidad de los productos originales.
 - Integración de Sistemas CAx con gestión de materiales y gestión de la producción.
 - Sistemas de gestión datos técnicos soportando tareas de ingeniería colaborativa, ingeniería inversa y reutilización del conocimiento. Utilización de PDM’s y PLM’s.

Concepción y desarrollo de productos y servicios

Para aprovechar las oportunidades de mercado la empresa debe desarrollar productos y servicios innovadores. No es suficiente el “benchmarking”, ni la mera innovación incremental, se necesita además, la adopción y asimilación de las tecnologías más modernas, convirtiéndolas en propias mediante la I+D+I, para usarlas de forma creativa en el desarrollo de soluciones originales que permitan llegar, finalmente a productos y servicios competitivos y de gran valor añadido.

Para optimizar el desarrollo y tener un conocimiento profundo del funcionamiento del producto es necesario potenciar el uso de herramientas de análisis y simulación y el desarrollo de bancos de ensayo y pruebas que permitan corregir y adaptar los diseños. Por otro lado, los productos y procesos están suje-

tos a reglamentaciones y normas técnicas (calidad, seguridad, medio ambiente, etc.) y, en este sentido, se debe apoyar a los laboratorios de ensayos, y entidades de homologación y certificación de productos y procesos (intermedios y finales), para la elaboración de referenciales industriales de uso voluntario y la creación de procedimientos de homologación que aseguren la calidad y funcionalidad de los productos y servicios a lo largo de la cadena de valor.

- Concepción de producto
 - Aplicación de las herramientas y técnicas avanzadas de diseño industrial y desarrollo de metodologías de formalización del proceso de diseño en el desarrollo de nuevos productos, para el incremento de productividad y la personalización de productos.
 - Métodos y técnicas de identificación y definición de productos y servicios adaptados a las necesidades del mercado. Nuevos conceptos de producto-servicio integrado y de alto valor añadido (producto extendido) como nuevo modelo de negocio.
 - “Diseño para todos” como diseño universal, no discriminatorio y que incluye a personas con discapacidad y personas mayores.
 - “Eco-diseño” contemplando nuevos materiales, reducción de materias primas, consumo de energía y ruido, fácil desensamblado, la modularidad, reutilizabilidad, reciclabilidad, bajo coste, incorporación de sistemas inteligentes, seguridad, etc.
 - Nuevas metodologías de desarrollo de producto utilizando técnicas de ingeniería inversa.
 - Desarrollo de productos con materiales no convencionales: cerámicos, fibras especiales, composites, biomateriales, materiales hipoalérgicos, textiles funcionales, materiales multifuncionales, etc.
 - Desarrollo de utillajes multiproceso.
 - Desarrollo de nuevos microcomponentes y productos que incorporen microsistemas con funciones especiales.
- Análisis y simulación de productos y procesos
 - Desarrollo rápido de prototipos físicos y virtuales de productos, servicios y procesos.
 - Validación de producto mediante técnicas de digitalización 3D (láser, palpación, ultrasonidos, etc.). Evaluación de productos, servicios y procesos de fabricación mediante simulación: Simulación virtual de medios y líneas de producción.
 - Aplicación de las tecnologías no convencionales a la fabricación de utillajes (moldes y matrices) como herramienta de validación de producto y proceso.
 - Desarrollo y aplicación de sistemas de control y monitorización de procesos de fabricación y producción.
 - Desarrollo de sistemas CAM incorporando estrategias inteligentes de generación de procesos.
 - Trazabilidad en los desarrollos gráficos, contemplando la cadena de valor.
- Metodologías de ensayo, prueba y medida
 - Desarrollo de equipos de ensayo, prueba y medida que incorporen nuevas tecnologías de medida y nuevos sistemas de alta precisión para todo tipo de componentes y subsistemas.
 - Ensayos, homologación y certificación de productos, procesos y medios de producción mediante la elaboración e implantación de referenciales industriales y normas.
 - Ensayos de evaluación de la calidad, la utilidad, ergodinámica, ámbito de uso, seguridad y fiabilidad de productos finales.

Procesos, componentes, medios y sistemas de producción

La mayoría de las empresas españolas tienen la necesidad continua de mejorar los procesos para seguir siendo competitivas en entornos internacionales. Para ello es necesario un mejor conocimiento de los procesos, que permita rentabilizarlos al máximo y, paralelamente, introducir medios de producción más avanzados que incrementen la productividad y mejoren la calidad de los productos y procesos.

Se debe fomentar la consolidación de una industria fabricante de componentes, subsistemas, y medios de producción ya que son críticos en la cadena de valor del producto y a su vez mueven toda una industria de suministradores a su alrededor. Es preciso potenciar esta industria, no sólo como fabricantes, sino como proveedores de nuevos servicios de alto valor añadido asociados al producto suministrado. El objetivo es convertirse en proveedores críticos y globales con una competitividad basada en tecnología que les permita ser capaces de atraer nuevos clientes finales.

Para ello es conveniente innovar en medios y sistemas de fabricación, que sean flexibles, reconfigurables y adaptables a las necesidades cambiantes de los clientes. Así mismo, la convivencia de las máquinas con el ser humano, hace necesario el diseño de sistemas, productos e interfaces amigables y ergonómicos, y que además hagan uso de la tecnología de sistemas cognitivos.

- Mejorar los procesos de fabricación y producción. Procesos dinámicos complejos
 - Desarrollo de conceptos y métodos de fabricación para procesos convencionales (conformado, corte, soldadura, mecanizado, inyección, extrusión, etc.) y no convencionales (electroerosión, hidroforming, sinterizado de metal y cerámica, láser, plasma, impresión digital sobre diversos sustratos –piel, textil,...–, etc.).
 - Procesado de materiales compuestos avanzados (tipo sándwich, aceros de muy alto límite elástico, tailored-blanks, magnesio, etc.). Mejoras en el procesado de materiales no convencionales: fibras especiales, cerámicos, biomateriales, materiales hipoalérgicos, textiles funcionales y materiales multifuncionales.
 - Tratamientos y recubrimientos superficiales y térmicos. Recubrimientos por plasma o microencapsulación.
 - Integración, automatización y control avanzado de procesos. Procesos híbridos.
 - Profundización en los procesos de alta velocidad, alta precisión, microfabricación, mecanizado y procesamiento de nuevos materiales y de difícil maquinabilidad.
 - Técnicas económicas de ensamblado de piezas, aptas para la manipulación y montaje mediante sistemas automáticos o robots. Técnicas avanzadas de unión: láser, adhesivos estructurales.
 - Microtecnologías.
- Potenciar el desarrollo de los componentes y subsistemas, sensores, componentes críticos, accionamientos de alta dinámica y alta precisión.
 - Desarrollo de la tecnología de los componentes y subsistemas de máquinas y equipamientos: controladores (controles numéricos de máquinas y robots, PLC's, controladores de células, etc.), motores, reguladores, sensores y componentes mecánicos (transmisiones, guiado, carros, cadena de accionamientos, etc.).
 - Microterminales de adquisición y emisión de datos incorporados en los productos. Etiqueta inteligente. Componentes y subsistemas para identificación, inspección, control y aseguramiento de la calidad en línea incluyendo procesamiento de la información.
 - Desarrollo de la tecnología de sensores.
 - Tecnología de diseño y fabricación de componentes y subsistemas críticos (estructuras de máquinas, cabezales de alta velocidad, cabezales de corte para materiales monocapa y multicapa, cojines hidráulicos, transfers electrónicos, útiles e intercambiadores de útiles, etc.).

- Controladores de arquitectura abierta e inteligencia distribuida para el control de sistemas de procesamiento y producción.
- Fabricación de dispositivos y componentes de control y regulación con capacidades de autoajuste, autodiagnóstico y concepción modular.
- Innovar en los medios y sistemas de fabricación, sistemas flexibles y reconfigurables.
 - Aplicabilidad de materiales alternativos para el diseño de máquinas y medios de producción rígidos, resistentes y ligeros.
 - Análisis de nuevas arquitecturas para máquinas y medios de producción.
 - Desarrollo de equipamiento para la producción (fabricación y montaje) de productos miniaturizados con interconexiones a escala nano y micro.
 - Desarrollo de máquinas y medios de producción que soporten nuevos procesos (remachado, sellado, etc.).
 - Desarrollo de prototipos experimentales y preseries de máquinas, robots y medios de producción en general, y máquinas herramienta en particular, eficientes, rápidas, precisas, seguras, fiables, ecológicas, ergonómicas y adaptadas a las necesidades. Máquinas de alto rendimiento.
 - Robótica industrial y de servicios. Robótica móvil.
 - Máquinas y sistemas de producción reconfigurables (HW+SW) basados en estructuras modulares, integrables y flexibles. Inteligencia operativa en máquinas Procesos combinados. Sistemas mecatrónicos.
 - Sistemas, máquinas y robots para inspección, manipulación, ensamblado, transporte, almacenamiento y otras tareas especiales, incluyendo herramientas y métodos para una programación rápida y flexible. Integración de sensores y procesamiento de la información para la identificación y control. Sistemas de captación y reconocimiento de imágenes (visión 2D y 3D, láser, ultrasonidos) para resolución de problemas de inspección, identificación, clasificación y localización.
 - Integración de sensores y procesamiento de la información para la monitorización, diagnóstico de fallos y mantenimiento, en línea y tiempo real, de herramientas, procesos de fabricación, estado de máquina y variables de producción.
 - Tecnología para la reducción y eliminación de ruidos y vibraciones en equipos e instalaciones. Sistemas de compensación de errores: geométricos, estáticos, dinámicos, térmicos, etc. Sistemas de supervisión, detección y diagnóstico de fallos.
 - Integración de terminales de adquisición y emisión de datos en los productos, tanto para suministrar información en su fase de fabricación como cuando el producto ya está en el mercado.
 - Automatización avanzada, aplicaciones de robótica en los procesos de fabricación.
 - Tecnologías de fabricación rápida de utillajes.

Sostenibilidad de los productos y sistemas de fabricación en todo su ciclo de vida

La sociedad no demanda únicamente que los productos sean útiles y eficientes, también demanda una atención especial sobre los materiales empleados, recursos que consumen en su operación y sobre el impacto ambiental que se causa en su producción y su eliminación. La demanda de la sociedad por el respeto al medio ambiente afecta a la industria con una presión todavía incipiente pero sin duda creciente, por lo que es necesario adecuar los sistemas productivos a las nuevas exigencias. El interés por el impacto medioambiental irá más allá del reciclado de componentes, tanto el material como el diseño se verán afectados por conceptos de reciclabilidad. El diseñador tiene que tener en cuenta el ciclo de

vida completo del producto o servicio que va a desarrollar. Por otro lado, el uso de recursos de material y energía limitados son problemas con una importancia creciente que potencian el reciclado de fluidos contaminantes y componentes y el ahorro de energía.

- Diseño de productos y procesos sostenibles
 - Diseño de productos, servicios y procesos contemplando la reducción de materias primas y consumo de energía, fácil desensamblado, reutilizabilidad, reciclabilidad, bajo coste, seguridad, etc.
 - Diseño para la reducción al máximo del uso de fluidos contaminantes, componentes nocivos y peligrosos.
 - Diseño que mejore la eficiencia y vida de herramientas y útiles.
 - Herramientas de simulación para un diseño adecuado de producto orientado al desmontaje y reciclaje (materiales, uniones, modularidad...).
 - Sistemas de medición y monitorización del impacto medio ambiental de sistemas productivos.
- Uso y ciclo de vida de productos y procesos
 - Óptimo uso para ampliación de vida de productos y procesos.
 - Incremento de la seguridad de los procesos (mediante técnicas de mantenimiento, definición de normativas de utilización, etc.).
 - Tecnologías para el reacondicionamiento, incremento de prestaciones funcionales y alargamiento de vida de componentes y medios de fabricación.
 - Sistemas de visión y sensórica para la identificación del estado de los productos para diagnóstico y mantenimiento proactivo.
 - Métodos y técnicas para el remodelado y rehabilitación de instalaciones productivas.
- Desensamblado, recuperación y tratamiento
 - Tecnologías y procesos de desensamblado, limpieza y reciclado de productos y medios de fabricación.
 - Desarrollo de sistemas y aplicaciones para el desmontaje y la separación automática de productos.
 - Sistemas de visión y sensórica para la identificación de productos, componentes y su estado para su "desfabricación".
 - Aplicaciones virtuales de desmontaje: planificación de desmontaje asistida por ordenador.
 - Análisis económico y ecológico de las estrategias de reutilización.
 - "Refabricación": Reutilización de partes y componentes de productos con alto valor añadido para la fabricación de otros nuevos con los estándares de calidad de los productos originales.
- Infraestructura y logística
 - Desarrollo de técnicas y métodos para evaluar la sostenibilidad de productos y procesos (indicadores medio ambientales, económicos y sociales).
 - Desarrollo y mejora de normativas de seguridad, fiabilidad, salubridad y compatibilidad entre componentes.
 - Sistemas de tratamiento, reutilización y depósito seguro de residuos.
 - Sistemas automáticos de recogida, reciclado de productos.
 - Gestión de la información tecnológica orientada al desmontaje.

Gestión de la información y la organización de la producción

La gestión de la información y la introducción de nuevos modelos organizativos en la empresa, que faciliten la toma de decisiones y un mejor funcionamiento de la producción, tienen importancia estratégica y son elementos básicos en el funcionamiento de la empresa para el aumento de la competitividad y la sostenibilidad. Para ello es clave desarrollar sistemas de producción, supervisión, control de la producción, mantenimiento, gestión de la información y modelos organizativos inteligentes mediante la aplicación de las tecnologías de la información y comunicaciones. Tienen especial importancia en este contexto las acciones orientadas a integrar los distintos niveles de operación, evitando las islas de información, desde los básicos directamente relacionados con la producción a otros más próximos a las áreas de gestión de planta y de la cadena de suministro.

- Sistemas de supervisión, mantenimiento y control de planta
 - Herramientas e interfaces de gestión e intercambio de la información que permitan interacciones más fáciles entre las distintas fuentes de información y decisión. Sistemas de ayuda para la conversión de datos en información y conocimiento útiles en otros niveles de decisión distribuidos.
 - Integración de sistemas de comunicaciones y redes industriales.
 - Monitorización, diagnósticos y mantenimiento de máquinas, procesos e instalaciones (local y teleoperado).
 - Sistemas distribuidos e integrados de control de planta que presten apoyo al desarrollo de servicios multifuncionales en los que participen múltiples agentes.
 - Sistemas de control de procesos complejos y herramientas de optimización de la producción en línea. Inteligencia operativa en máquinas.
- Sistemas de programación y gestión de operaciones
 - Sistemas de planificación, secuenciación, programación y gestión de la producción soportados por herramientas inteligentes de apoyo a la decisión, desde la fase de diseño del producto hasta la de servicio postventa.
 - Logística y distribución de productos y servicios. Aplicación de técnicas de inteligencia artificial y tecnologías Internet e Intranet.
 - Sistemas de calidad de productos y procesos.
 - Gestión de la cadena de suministro.
- Modelos organizativos inteligentes en la empresa
 - Racionalización y formalización de procesos de negocio.
 - Estructuración y gestión de los sistemas de decisión, información y físico de la empresa.
 - Nuevos modelos organizativos en la empresa extendida. Modelización y simulación de organizaciones flexibles emergentes mediante técnicas basadas en la teoría de la complejidad, para la evolución de las mismas en entornos cambiantes.
 - Sistemas de modelado y simulación para entrenamiento y ayuda a la decisión (laboratorio de decisiones estratégicas).
 - Gestión del conocimiento e innovación de productos, servicios y procesos. Integración y análisis de la información del proceso y su utilización desde todos los ámbitos de la empresa. Aplicación de sistemas expertos.

SUBPROGRAMAS NACIONALES Y ACCIONES ESTRATÉGICAS

El programa se ha estructurado en dos Subprogramas Nacionales, que abarcan aquella parte de cada prioridad temática que está directamente relacionada con cada uno de los dos sectores identificados:

- Subprograma nacional de bienes de equipo.
- Subprograma nacional de modernización de los sectores tradicionales.

Además de estos dos subprogramas, se han identificado dos acciones estratégicas:

- Acción Estratégica de Nanociencias y nanotecnologías, que implica también a los Programas nacionales de Materiales, Tecnologías Electrónicas y de Comunicaciones y Física, y que se desarrolla de forma común a todos ellos.
- Acción Estratégica en Sistemas complejos.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE BIENES DE EQUIPO

Las empresas industriales de bienes de equipo, especialmente las PYMEs, están enfrentadas a un reto de unos altos niveles de competitividad a nivel mundial, un entorno económico turbulento y rápidamente cambiante y unas mayores exigencias del mercado, debidas a la introducción de nuevas tecnologías que afectan a productos y procesos. El alcance de este subprograma comprende las actividades dedicadas al diseño, cálculo, fabricación de prototipos, pruebas, puesta en fabricación de maquinaria, equipos, sistemas e instalaciones metal-mecánicas y eléctrico-electrónicas.

La definición más amplia de bienes de equipo es: aquellos bienes necesarios para la producción de otros bienes, productos y servicios. Es por ello un sector de carácter horizontal y por tanto las actividades del subprograma de Bienes de Equipo participarían, en mayor o menor medida, de todas las acciones del ámbito tecnológico del Programa Nacional de Tecnologías de Diseño y Producción Industrial.

El denominado sector de bienes de equipo, o en forma más genérica industria de bienes de equipo o de bienes de capital, comprende las actividades dedicadas al diseño, cálculo, fabricación de prototipos, pruebas, puesta en fabricación, montaje, instalación, mantenimiento y reparación de maquinaria, equipos, sistemas e instalaciones metal-mecánicas y eléctrico-electrónicas. También se incluyen las sociedades de ingenierías, así como la industria de subsistemas, componentes, utillaje y otro tipo de herramientas que contribuyen como industria auxiliar o proveedores a la realización de tales sistemas, equipos o máquinas.

Las características más relevantes de la actividad innovadora en las empresas del sector de bienes de equipo son:

- El mayor impacto comercial de la innovación se produce a menudo, debido a innovaciones incrementales en producto y radicales en procesos. El mayor desarrollo de innovaciones de proceso, se produce habitualmente en mercados de alta concentración de oferta.
- La actividad de vigilancia y prospectiva tecnológica del entorno de interés potencial por parte de las empresas del sector está poco desarrollada.
- La colaboración con la universidad y organismos de investigación para obtener conocimientos que faciliten e induzcan la innovación, es insuficiente y muy poco satisfactoria.
- Se constata que las empresas españolas del sector de bienes de equipo, desde el punto de vista tecnológico, son "seguidoras" muy cualificadas. La producción bajo especificaciones del cliente se relaciona de forma positiva con la innovación en productos y procesos.

- Un porcentaje importante de las empresas no siente la necesidad de proteger sus innovaciones por la vía de las patentes y suelen utilizar formas de protección alternativas. Aproximadamente un 56% no registran patentes, prefiriendo mantener en secreto los resultados.
- Los principales objetivos pretendidos con la actividad innovadora son:
 - Extender la gama en el grupo principal de productos.
 - Mantener la cuota de mercado.
 - Abrir nuevos mercados.
 - Mejorar la flexibilidad de la producción.
 - Mejorar la calidad de los productos.
 - Mejorar la productividad de los procesos de producción.
 - Reducir costes.
 - Reducir los daños medioambientales de los productos y/o procesos obtenidos.

Las principales prioridades temáticas del subprograma de bienes de equipo son:

- Tecnologías de diseño industrial y automatización de equipos e instalaciones.
- Procesos de fabricación y producción convencionales y no convencionales.
- Análisis, modelado y simulación de procesos y medios de producción.
- Procesos dinámicos complejos.
- Medios y sistemas de fabricación flexibles y reconfigurables. Multifuncionalidad.
- Técnicas de desarrollo de nuevos equipos y servicios. Prototipado rápido. Cinemáticas paralelas.
- Desarrollo de componentes y subsistemas, sensores, integración, componentes críticos.
- Accionamientos de alta dinámica y precisión.
- Diseño preventivo de equipos, servicios e instalaciones respetuosos con el medio ambiente y que contemplen la seguridad intrínseca y extrínseca.
- Tecnologías de ampliación de vida de equipos y procesos. Sistemas para desfabricación, desmontaje y mantenimiento predictivo.
- Sistemas, procedimientos y tecnologías para desensamblado, recuperación y tratamiento de equipos y medios de fabricación.
- Monitorización, diagnóstico y mantenimiento de máquinas, procesos e instalaciones en modo local o teleoperado.
- Medios de producción para sectores estratégicos de alta tecnología.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE MODERNIZACIÓN DE LOS SECTORES TRADICIONALES

Los sectores tradicionales tienen unas características muy diferenciadas con respecto a otros sectores industriales, tanto desde el punto de vista estructural, como de la relevancia que los aspectos tecnológicos tienen en los mismos, siendo claramente deficitarias tecnológicamente. Por ello requieren necesariamente de unas medidas de apoyo específico que aseguren la competitividad de las empresas, que por otra parte, constituyen una de las mayores aportaciones a la balanza comercial española.

Los sectores tradicionales están sometidos a una fuerte competitividad en costes, innovación tecnológica, calidad y diversificación de productos. Este carácter "tradicional" debe entenderse en el sentido de una larga experiencia y en el dominio de la profesión, con una gama de productos fabricados que

está en permanente evolución. Sin embargo, la industria actual y su futuro se basa en productos cualificados, con una calidad asegurada y con diseño diferenciado, empleando las tecnologías más avanzadas. Para ello es necesario emprender acciones sobre la base de los siguientes argumentos:

- Necesidad de diferenciar los productos fabricados en nuestro país.
- Facilitar la transición del tejido productivo a un nuevo marco de relaciones técnicas.
- Apoyar la innovación industrial que determinará la posición competitiva de las industrias.
- Creación y potenciación de grupos de investigación.
- Disminuir la dependencia tecnológica respecto al exterior.

Estos argumentos como estrategia industrial para el futuro contemplan la sostenibilidad en su sentido amplio (es decir el mantenimiento del empleo y del nivel de vida de los trabajadores) como la misión principal a alcanzar. Para ello se debe incrementar la competitividad reforzando las actuales ventajas competitivas:

- Respuesta rápida ante los requisitos de la moda con una gestión adecuada de las más avanzadas herramientas de diseño.
- Capacidad para fabricar pequeñas series y atender una demanda personalizada.
- Adecuación de costes, dentro de una óptima relación diseño-calidad-precio.
- Desarrollo de nuevas unidades de negocio y fabricación de nuevos productos de uso técnico con mayor valor añadido y dirigidos a nuevos mercados más exigentes y tecnificados.
- Calidad, normalización, seguridad del producto, confort, atención a la salud de los usuarios y funcionalidad en los productos adecuada a cada uso y con funcionalidades ergonómicas.
- Relaciones con el medio ambiente, con referencia a los materiales, a los procesos productivos y al ciclo de vida completo del producto.
- Mejora continua de la seguridad laboral, puesto de trabajo y una adecuada cualificación de los trabajadores, a través de una formación alineada con las nuevas tecnologías.

Para avanzar en todos estos factores clave se deben utilizar todas las herramientas disponibles, actuando sobre las siguientes prioridades temáticas:

Diseño y desarrollo de producto:

- Desarrollo de software gráfico adaptado a las necesidades sectoriales.
- Tecnologías de simulación y realidad virtual que verifiquen en la fase del diseño, la funcionalidad ergodinámica del producto y su adaptación al ambiente en el que se usará.
- Desarrollo de dispositivos y modeladores gráficos 3D, adaptados a las necesidades sectoriales.
- Generación de herramientas CAD para el diseño distribuido, utilizando el teletrabajo.
- Sistemas de diseño y elaboración rápida de prototipos virtuales y reales, productos "únicos" o a medida y series cortas.
- Trazabilidad en los desarrollos gráficos, contemplando la cadena de valor sectorial.
- Diseño y desarrollo de productos nuevos o mejorados sobre procesos existentes.

Tecnologías de proceso:

- Definición y aplicación de máquinas y medios de producción que soporten nuevos procesos y prestaciones o incorporen nuevas tecnologías. Aplicaciones del láser en los sectores tradicionales.
- Tecnologías para el almacenaje y el transporte automático de componentes.
- Máquinas y sistemas de producción flexibles, reconfigurables y con entornos e interfaces amigables.
- Tecnologías para la unión, acabado, recubrimiento y laminado de materiales.

- Integración de terminales de adquisición y emisión de datos en los productos.
- Sistemas para captación de imágenes, inspección, manipulación, ensamblado, transporte, almacenamiento, incluyendo herramientas y métodos para una programación rápida y flexible.
- Tecnologías para la monitorización, diagnóstico y mantenimiento de máquinas, procesos e instalaciones en local o teleoperado.
- Aplicaciones de las técnicas de reconocimiento de imágenes (visión artificial) en el desarrollo de sistemas de control, monitorización de procesos, inspección, identificación y clasificación.
- Nuevos procesos de ennoblecimiento y acabado de productos que supongan ahorro medioambiental.
- Procesos nuevos o mejorados para fabricación de productos existentes.

Procesado de materiales y sostenibilidad:

- Fundamentos para el diseño y procesado de materiales cerámicos, fibras, composites, biomateriales, materiales microencapsulados y nanomateriales.
- Desarrollo de materiales activos que permitan su interacción ante señales externas, y materiales multifuncionales que permitan diseñar el uso del material según las necesidades del usuario.
- Sustitución de los componentes nocivos y peligrosos en los procesos industriales.
- Generación de normativas de compatibilidad entre componentes.
- Tecnologías para el tratamiento, reutilización o eliminación de los residuos de los materiales que intervienen en la fabricación o del producto final una vez que han cumplido su ciclo de vida.
- Sistemas de recuperación y reutilización de aguas residuales en los procesos productivos.
- Reducción de las emisiones a la atmósfera de gases.
- Tecnologías para el alargamiento de la vida de los componentes.

Gestión y organización industrial:

- Desarrollo de herramientas para la gestión del conocimiento de los productos, procesos y servicios.
- Sistemas inteligentes de apoyo a la decisión para la planificación, diseño, y gestión de la producción.
- Desarrollo de estándares para el intercambio de datos de diseño y producción en la cadena de valor.
- Aplicación de las tecnologías de Internet para la logística y distribución de los productos.
- Desarrollo de herramientas para la gestión de la calidad tanto del producto como en el proceso.

ACCIÓN ESTRATÉGICA EN SISTEMAS COMPLEJOS

Cada vez más, el desarrollo de las tecnologías, las posibilidades abiertas por la informática y las comunicaciones y las necesidades de la industria y la sociedad hacen estar presentes un tipo de sistemas caracterizados por su alta dimensión, su carácter distribuido y con múltiples nodos de actividad autónomos, así como por la complejidad de su funcionamiento y de las decisiones asociadas a los mismos. Ejemplos de sistemas complejos los encontramos en campos muy diversos tales como:

- Sistemas de tráfico aéreo.
- Redes de suministro de energía eléctrica.
- Sistemas de control y optimización de planta completa.
- Logística y cadenas de suministro.
- Redes de ordenadores.

- Redes de distribución de agua, gas, etc.
- Sistemas de cooperativos de defensa.
- Sistemas biológicos de poblaciones, fisiología,....
- Cadenas de reacciones químicas complejas.
- Sistemas empotrados cooperativos distribuidos.
- Nuevas formas de organización con alto grado de autonomía y creatividad (empresas innovadoras) y su co-evolución.
- Modelos de producción y transmisión del conocimiento.

Nadie duda de la importancia de estos sistemas y del papel creciente que toman en la vida cotidiana y en la actividad económica. Una toma de decisiones correcta en los mismos es crítica por sus repercusiones económicas, de seguridad, eficiencia, etc. y ha de realizarse en base a modelos y simulaciones de gran escala involucrando información masiva, heterogénea y descentralizada. No obstante, los patrones clásicos de toma de decisiones utilizando razonamientos lógicos o los enfoques convencionales de control, junto a la experiencia, no son adecuados para una toma de decisiones óptima, ni existen herramientas adecuadas de análisis de su comportamiento o de diseño que garanticen funcionamientos óptimos, lo cual exige nuevos enfoques que tengan en cuenta como características específicas:

- Su dimensionalidad y los problemas asociados de gestión de la información.
- Su carácter dinámico.
- La naturaleza híbrida de los sistemas involucrados y de las descripciones de su funcionamiento.
- La naturaleza jerárquica de las decisiones involucradas y el carácter autónomo y/o cooperativo de muchas de ellas.

A pesar de su heterogeneidad, estos sistemas presentan, no obstante, unos elementos comunes en su comportamiento dinámico y la formulación de sus problemas de decisión sobre la cual es necesario investigar. A escala internacional, la importancia de la formalización del conocimiento, modelado y herramientas de toma de decisiones en los sistemas complejos se reconoce en todos los países avanzados y, en particular en la prioridad 2 del VI Programa Marco de la UE donde se mencionan expresamente "las tecnologías de los sistemas lógicos y sistemas distribuidos e integrados que presten apoyo al desarrollo de servicios multifuncionales y complejos en los que participen múltiples agentes y la ingeniería y el control de sistemas complejos a gran escala que aporten fiabilidad y solidez".

En nuestro país existen grupos con actividad en este campo y empresas en sectores clave que pueden formar la base de una investigación para impulsar estos sectores o crear nuevas áreas de actividad, y donde las inversiones son comparativamente reducidas en relación con la importancia de las decisiones y los recursos involucrados. Por ello se ha identificado esta Acción Estratégica en Sistemas Complejos, que impulse la investigación, actividad interdisciplinar, la formación de expertos y la colaboración centros de investigación-empresas e internacional.

Si bien en el núcleo de la Acción Estratégica aparecen muchas tecnologías propias del Programa de Diseño y Producción, es obvio que el campo de los Programas involucrados es más amplio, y debe plantearse mediante la colaboración de varios Programas Nacionales.

Dentro de esta acción estratégica se favorecerá la investigación en temas tales como:

- Modelado de sistemas híbridos (continuos, discretos, lógicos) de gran escala.
- Simulación distribuida de sistemas de gran escala.
- Control de sistemas híbridos dinámicos.
- Gestión de información distribuida a gran escala.
- Métodos de representación del conocimiento en sistemas híbridos jerárquicos

- Robots cooperativos.
- Técnicas de optimización híbrida y global.
- Sistemas de control y optimización de planta completa.
- Control de redes de suministro.
- Mercados eléctricos competitivos.
- Sistemas empotrados multifuncionales distribuidos.
- Simuladores de procesos complejos (transporte, fabricación,..) para entrenamiento y soporte de decisiones.
- Logística y cadenas globales de suministro.
- Gestión de redes de transporte.
- Sistemas de soporte de la decisión.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

El pequeño tamaño de la empresa española, en comparación con la europea, norteamericana o japonesa, no crea una masa crítica suficiente para mantener de forma aislada una actividad constante e intensa de desarrollo tecnológico que tenga repercusión en el mercado. Con el objetivo de apoyar al tejido industrial y alcanzar nuevos conocimientos en las tecnologías emergentes que puedan transferirse en un futuro a las empresas y a la sociedad, hay que completar, consolidar y optimizar el uso de las infraestructuras de las universidades y centros tecnológicos más activos.

Para ello es necesario, en primer lugar, potenciar los organismos españoles mejor preparados y con mayor potencial de futuro y canalizar hacia ellos, de forma prioritaria, las inversiones en instalaciones científicas y tecnológicas. En este sentido, es fundamental realizar un inventario de recursos tecnológicos que permita establecer un mapa en el que se reflejen diversos criterios sobre estos organismos:

- Ser organismos públicos o privados, sin ánimo de lucro, orientados a la investigación básica y/o aplicada, con autonomía científica y tecnológica, y con vocación de especialización en el ámbito de las tecnologías de Diseño y Producción Industrial.
- Acreditar una trayectoria de investigación reconocida y consolidada en dicho ámbito tanto a nivel nacional como internacional. En el caso de abordar una nueva temática demostrar la necesaria coherencia y conocimiento en actividades y experiencias anteriores.
- Estar comprometidos formalmente a profundizar, motivar y dirigir, como mínimo a lo largo del presente Plan Nacional, la investigación de un determinado tema del área.
- Someterse a una evaluación periódica de su actuación, valorándose la excelencia científica y los resultados de la transferencia de tecnología al tejido industrial.
- Tener vocación de planificar y desarrollar su actividad tecnológica de acuerdo con la demanda industrial, sin descuidar por otra parte, la trayectoria científico-tecnológica futura de la institución u organismo y de su personal.
- Tener una presencia activa en el Programa Marco y en otros entornos internacionales, dinamizando la participación de PYMEs en los programas.
- Facilitar la utilización de las instalaciones a usuarios del sector público y privado, para la realización de proyectos o actuaciones de interés contempladas en el presente Plan Nacional y relacionadas con el área de Diseño y Producción Industrial.

La creación de nuevos centros tecnológicos debe venir avalada por la existencia de un interés y una necesidad real, la inexistencia de duplicidades innecesarias y los criterios señalados en el punto anterior. La estrategia debe estar dirigida a suplir aquellas necesidades que el mercado no pueda ofrecer por sí mismo, ya que por el carácter aplicado del área, podrían surgir fácilmente problemas de competencia con compañías privadas.

El Programa debe promover la coordinación y la colaboración de los distintos agentes de la infraestructura tecnológica, en particular entre los centros tecnológicos y las universidades, en busca de conseguir masa crítica y excelencia en distintas líneas de investigación del Diseño y Producción Industrial.

El programa de Diseño y Producción Industrial, de acuerdo con las prioridades temáticas presentadas, debe contar con centros de excelencia en las siguiente áreas:

- Tecnologías de diseño, formalización y aseguramiento del proceso de diseño.
- Biomecánica.
- Procesos avanzados de fabricación y producción.
- Robótica, sistemas de control y automatización.
- Mecatrónica.
- Microfabricación.
- Desarrollo sostenible.
- Modelos de referencia de gestión, organización y producción industrial.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa nacional

Con objeto de mejorar la integración de las acciones horizontales con las líneas tecnológicas prioritarias, es conveniente que en la definición de los proyectos que se presenten a las convocatorias siguiendo las líneas tecnológicas, se incluyan tareas específicas pertenecientes a las acciones horizontales.

5.1 Recursos humanos

La adecuación de la formación y de los perfiles académicos a las necesidades de las empresas y las tecnologías contempladas en el programa es fundamental.

El número de doctores es insuficiente y claramente inferior al de otros programas. Hay que incrementar sustancialmente el apoyo a los sistemas de becas orientados a formar doctores y a su contratación por parte de las empresas. Esta medida tiene que estar reforzada con la potenciación de contratos de larga duración para los investigadores en universidades y centros de investigación y tecnológicos. Adicionalmente, se debe facilitar la contratación de personal técnico auxiliar en los centros de investigación, para dar una mayor eficiencia a las actividades de I+D.

Otras medidas de formación de recursos humanos deberán ir encaminadas a fomentar el espíritu emprendedor empresarial entre los estudiantes universitarios, así como a complementar los conocimientos técnicos de los investigadores de los centros de investigación y tecnológicos con formación de gestión de I+D empresarial y a completar los conocimientos del personal de I+D de las empresas con una mayor componente científica para que se establezcan unos canales de comunicación fluidos. Los centros de investigación deberían perfilar la figura del "investigador industrial", alguien que, partiendo de una formación técnica completada con aspectos empresariales, fuera capaz de analizar y estudiar, además de los aspectos puramente tecnológicos, los aspectos económicos del producto y proceso y los

costes de oportunidad. Las empresas deberían contar también con investigadores, contratando y potenciando la formación de doctores y tecnólogos, que desde la cultura de la empresa fueran capaces de comunicar y hacer partícipes de sus problemas tecnológicos a las universidades y centros tecnológicos.

Al contrario de lo que ocurre en otros países, en la actualidad hay pocos doctores trabajando en empresas españolas y pocos tecnólogos en los sectores más tradicionales. Hay que propiciar la creación de departamentos de I+D con investigadores a tiempo completo, fomentando su contratación, mecanismo básico para mejorar el nivel tecnológico de los sectores industriales y el concurso de las empresas en convocatorias de I+D de la UE.

También es necesario potenciar la movilidad del personal científico y tecnológico ya que es la principal fuente de transferencia de tecnología, fomentando la financiación del número de solicitudes de becas postdoctorales en el extranjero. Otro objetivo prioritario debe ser la recuperación de investigadores del extranjero y su incorporación, con contratos de larga duración, a las universidades, centros de investigación o a las empresas.

Por último, es muy importante, para fomentar la transferencia de tecnología, potenciar las estancias temporales de los investigadores en las empresas, así como, la formación continua de tecnólogos de empresas en las universidades y centros de investigación.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

En todas las acciones que emprenda el Plan Nacional de I+D+I se debe tener una especial sensibilidad hacia las PYMEs que desarrollan tecnología. La causa es que puedan estar en concurrencia competitiva con empresas grandes, que cuentan con departamentos de I+D+I bien estructurados y por tanto, disponen de mayor facilidad para preparar buenas propuestas que puedan ser financiadas. Para que las PYMEs puedan alcanzar dicho grado de calidad tienen que recibir un apoyo adicional, siempre y cuando el proyecto que presenten sea innovador.

Otro aspecto sobre el que es necesario hacer un esfuerzo especial es la creación de empresas de base tecnológica, tipo "spin-off" o "start-up", con un riesgo muy alto, ya que el capital riesgo privado no participa en este tipo de iniciativas. Se ha lanzado en el anterior Plan Nacional 2000-2003 el programa NEOTEC gestionado por CDTI para fomentar la creación de este tipo de empresas.

Para fomentar la innovación tecnológica se implantarán los certificados para la desgravación fiscal por I+D+I emitidos por el MCYT y sus organismos adscritos. Esta es una medida de carácter horizontal muy importante, ya que además de los proyectos financiados con fondos públicos, podrán acceder a dicho incentivo otros proyectos que contemplen actividades de I+D+I, lo que le permitirá al Plan Nacional focalizar más la financiación de sus acciones prioritarias. Además es una medida que favorecerá mucho a las PYMEs innovadoras que tienen problemas para obtener fondos públicos en convocatorias en concurrencia competitiva. En este sentido, es oportuno apoyar y potenciar la implantación de sistemas de gestión de la innovación en las PYMEs.

España es un país en el que se patenta poco, para incrementar el número de patentes se apoyará con fondos públicos la formalización de las patentes.

La transferencia y explotación de resultados de investigación continúa siendo uno de los grandes déficits del sistema español de ciencia y tecnología. Quizás esto sea debido a la relativa poca orientación de la investigación hacia el tejido industrial y a que se valore más la propia investigación que su posible utilización por los potenciales destinatarios de la misma; tampoco las empresas presentan una gran sensibilidad hacia la I+D+I, ni suelen disponer de estrategias de I+D+I a largo plazo. Para fomentar la transferencia de tecnología, y conseguir una mayor cooperación entre empresas, universidades y centros tecnológicos, es necesario:

- Prospección tecnológica, generación de ideas, búsqueda de oportunidades y desarrollo tecnológico de líneas futuras. Ayudar a la realización de estudios de viabilidad tecnológica y económica, sobre todo para proyectos entre centros tecnológicos o de investigación y PYMES.
- Potenciar proyectos de I+D+I en cooperación.
- Fomentar la coordinación entre diferentes centros y buscar la complementariedad y la colaboración al servicio de las empresas y en su caso propiciar la especialización en nichos tecnológicos y sectoriales concretos. Es conveniente, que se constituyan grupos de interés especial para cooperar en proyectos y otras actividades de I+D.
- Promover la cooperación empresarial en aspectos tecnológicos y de integración empresarial para la puesta en marcha de iniciativas nuevas conjuntas.
- Potenciar la transferencia de tecnología hacia aquellos sectores menos tecnificados y que no cuentan con infraestructura tecnológica de apoyo, por causas de ubicación geográfica, lejanía de los centros tecnológicos o de las asociaciones de empresas, y en los que no existe cooperación entre empresas y centros tecnológicos o sectoriales. Establecer medidas que posibiliten la ampliación de los departamentos universitarios y centros tecnológicos a aquellos lugares y áreas temáticas en los que exista una concentración geográfica de empresas de un sector determinado con potencial de desarrollo tecnológico amplio.

Además de los puntos anteriores, más relacionados con la tecnología, es importante promover una cultura empresarial de innovación organizativa y gestión empresarial, pues resulta difícil el desarrollo tecnológico si previamente no se intensifica la innovación en la estructura empresarial actual, más aún en empresas familiares poco profesionalizadas desde el punto de vista de la gestión.

5.3 Cooperación internacional

El Programa Marco de I+D+I es idóneo para desarrollar proyectos de investigación más básica y a más largo plazo, donde haya una cooperación internacional que permita a los participantes, además del avance en el conocimiento tecnológico, el contrastar las metodologías de trabajo y llegar a relaciones más estrechas en otros ámbitos, como puedan ser lazos comerciales o industriales. Se fomentará económicamente la participación de las empresas e instituciones españolas en proyectos europeos (presentación de propuestas, financiación complementaria siempre que no se superen los umbrales fijados por la UE, etc.), primando especialmente la asunción del liderazgo de dichos proyectos. Además, es necesario impulsar la participación conjunta de departamentos universitarios, centros de investigación nacionales y empresas, con vistas a asimilar la tecnología que se desarrolle en los proyectos y aplicarla en el futuro a diferentes productos y procesos, no quedando como simples usuarios o compradores cualificados de tecnología.

El espacio europeo de investigación brinda una oportunidad para la cooperación en la gestión de los programas nacionales de los países miembros que hay que tener en cuenta para la elaboración de futuras políticas de I+D+i, optimizando los recursos puestos en el sistema con otros estados de la UE en áreas de interés científico-tecnológico mutuo.

También hay que incrementar la presencia española en los foros de discusión relacionados con las tecnologías de Diseño y Producción Industrial. Animar y apoyar con acciones complementarias la participación de personalidades españolas en diferentes órganos y foros europeos (definición y elaboración de programas, evaluación de propuestas, revisión de proyectos, task forces, etc.); así como la celebración de congresos internacionales en España.

Directamente relacionado con la acción de recursos humanos sobre la movilidad del personal científico y tecnológico, es necesario identificar universidades y centros tecnológicos extranjeros de interés y

establecer convenios de intercambio de investigadores. Hasta ahora, ha existido poca demanda para salir a otros centros extranjeros, aunque es mayor que la de investigadores extranjeros predoctorales para venir a España. Interesa traer a investigadores del más alto nivel que sea posible. También facilitar ayudas para la ejecución de proyectos de transferencia tecnológica en temas emergentes de interés nacional con centros de competencia extranjeros, para asimilar de forma rápida dichas tecnologías y reducir el desfase tecnológico existente.

Además del Programa Marco hay que fomentar el desarrollo de proyectos de cooperación tecnológica de calidad con otros países a través de los programas Eureka con Europa e Iberoeka con Iberoamérica, con el objetivo de revalorizar la imagen tecnológica de España y establecer vínculos estables de cooperación tecnológica con estos países. En este último caso, es imprescindible potenciar la dotación de becas para Iberoamérica, para evitar perder oportunidades futuras de transferencia de tecnología en favor de terceros países. Esto ayudará indirectamente a introducir los productos tecnológicos españoles en estos mercados.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

Una de las dificultades del programa es el desconocimiento mutuo entre la oferta de tecnología de las universidades y centros de investigación y la demanda tecnológica de las empresas. Para paliar este problema se debe dar difusión a los resultados de los proyectos financiados con fondos públicos e incluir en el presupuesto financiable los gastos correspondientes a la difusión de los resultados.

Es necesario además, adecuar y potenciar las actividades de la red OTRI para que sea más activa con el tejido industrial, a través de la su especialización tecnológica o sectorial, y así lograr difundir y transferir tecnologías a las empresas de forma más activa.

En general, hay una escasa sensibilidad sobre la importancia de estrategias orientadas a innovar de forma sistemática. Se deberían fomentar las publicaciones en los medios económicos o en las secciones económicas de los medios de comunicación. El sector industrial es muy sensible a las experiencias positivas habidas en otras empresas, incluso de diferentes sectores, siempre y cuando sean extrapolables a sus propias necesidades.

6 Relación con otros programas nacionales

Las interrelaciones identificadas del Programa de Diseño y Producción Industrial con otras áreas son múltiples pues, si bien sus áreas tecnológicas están bien definidas, algunas de ellas tienen carácter horizontal y, además, en sus campos de aplicación se trata de un programa multidisciplinar. A continuación, se muestran las interacciones más destacadas:

- Área de Tecnologías de la Sociedad de la información: Se identifican varios temas frontera: el relativo al software de aplicación en procesos de producción y gestión de la producción, el desarrollo de sensores, componentes y subsistemas, la implementación de sistemas de tiempo real,... El área de Tecnologías de la Sociedad de la Información, incluiría el desarrollo de herramientas relacionadas con el desarrollo de software y las metodologías correspondientes a la ingeniería del software, así como, de los componentes y subsistemas electrónicos con carácter general. Por su parte, el programa de Diseño y Producción Industrial abarcaría todo el desarrollo de software orientado a procesos y productos (software embarcado en productos), el desarrollo de herramientas específicas para las actividades de diseño, cálculo, simulación, pro-

ducción, etc., y la integración de los componentes y subsistemas electrónicos en productos manufacturados, sistemas de producción y control industrial, así como el tratamiento de la información.

- Programa de Materiales: Se centraría en la obtención de nuevos materiales y sus parámetros de procesado, mientras que el área de diseño se focalizaría en el estudio de la aplicación de dichos materiales en productos (procesabilidad y fabricabilidad), programas de simulación, desarrollo de componentes y equipos para el procesado de materiales.
- Programa de Ciencias y Tecnologías Químicas: Puede haber una estrecha relación en los procesos industriales de obtención de productos químicos, siderurgia, papel, plástico, textil, etc. El Programa de Ciencias y Tecnologías Químicas tratará de los aspectos tecnológicos propios de estos sectores industriales y sus productos, mientras que Diseño y Producción Industrial se ocupará de los aspectos de operación, supervisión y control automatizado, así como de la procesabilidad de los productos químicos existentes para la obtención de un producto y el desarrollo de sus medios de fabricación.
- Programa de Ciencias y Tecnologías Medioambientales: Las normativas sobre eco diseño y medio ambiente, tienen gran influencia en la concepción de los productos para su recuperación y sus procesos de fabricación.
- Programa de Tecnologías para la Salud y Bienestar: Este programa, particularmente en lo relativo a dispositivos de ayuda a discapacitados, prótesis, cirugía asistida, etc., utiliza tecnologías propias del Programa de Diseño y Producción Industrial. Se ha de fomentar actuaciones interdisciplinarias entre ambos programas.
- Programa de Defensa: Aplica también muchas tecnologías coincidentes con Diseño y Producción Industrial: simulación, sistemas de control, sensores, logística, etc. aunque con características muy especiales por su ámbito de aplicación.

El desarrollo de productos o servicios contemplado en algunos programas nacionales se vale de herramientas y tecnologías contenidas en el ámbito del Programa de Diseño y Producción Industrial. Este último recoge las actividades relacionadas con las tecnologías para el diseño y los medios de fabricación (maquinaria) para la obtención de dichos productos y servicios de prioridad sectorial. Este es el caso de los programas de Transporte, Construcción y Energía.

Área de Seguridad y defensa

Programa Nacional de Seguridad

1 Ámbito y justificación del programa nacional

La importancia estratégica que tiene para cualquier país desarrollado las actividades de I+D+I en Seguridad, hace necesaria la existencia de un programa nacional con el fin de asegurar una mejora cualitativa en la capacidad científica y tecnológica española en este ámbito, así como la potenciación de la cooperación internacional. De esta forma se pretende asegurar que nuestro país disponga de una tecnología propia que se considera imprescindible en aras a mejorar su capacidad propia y su interacción con otros sistemas de seguridad internacionales o multilaterales. Todo ello repercutirá en una mayor seguridad para los ciudadanos, lo que indudablemente posee un enorme interés social.

En la actualidad todas las sociedades sin excepción se enfrentan a una serie de riesgos emergentes a los que es preciso hacer frente con todos los medios legales, entre los que tienen importancia fundamental los tecnológicos. Los principales riesgos son el terrorismo, el narcotráfico, el crimen organizado, la inmigración ilegal, los delitos contra el medio ambiente y los cibernéticos.

Contra estas amenazas o cualquier agresión a la sociedad existen tres niveles de actuación. Uno preventivo, con medidas preventivas, disuasivas y de información; un segundo de eficacia policial, con la detención de los delincuentes, la de obtención de pruebas suficientes, fiables e indiscutibles, que faciliten las actuaciones judiciales; finalmente un tercero de control de los delincuentes, recuperación de afectados y prevención contra reincidencias. Dada la rapidísima evolución de sistemas, equipos, técnicas y procedimientos, y para dar cohesión a este conjunto de actuaciones, todo ello debe ir unido por una permanente labor de formación tecnológica a todos los niveles. Igualmente, debe darse especial importancia al desarrollo de sistemas modernos de investigación forense.

Importancia fundamental en cada uno de estos niveles de actuación son los recursos tecnológicos de prevención, investigación, aseguramiento de las pruebas y la formación. En este sentido resulta imprescindible proceder a la potenciación, desarrollo e integración de los medios existentes en la industria nacional, con una labor coordinada entre los diferentes Cuerpos de Seguridad, la Universidad, los Organismos Públicos de Investigación y las Empresas.

Teniendo en cuenta la existencia en la Unión Europea de unos cincuenta Cuerpos de Seguridad estatales, otros tantos Servicios de Inteligencia y centenares de Cuerpos de Policía Autonómica, Local o de otros tipos de Policía Administrativa (Aduanas, Correos, Medio Ambiente, etc), tiene una importancia primordial estudiar el mercado europeo como un todo único, ya que será la única manera que permita realizar economías de escala para la investigación, desarrollo y adquisición de sistemas de un costo ciertamente elevado, y competir con industrias de seguridad tan potentes y globalizadas como la norteamericana o la japonesa.

La creciente complejidad tecnológica que han alcanzado los sistemas de seguridad, el crecimiento del número de aplicaciones en la esfera civil y militar que es necesario integrar en la toma de decisiones, y la fortísima evolución que están sufriendo las tecnologías subyacentes. La consecuencia que se

deriva de ello es la necesidad de una creciente integración entre diversas tecnologías con estrictas especificaciones, así como la potenciación de una actividad de investigación aplicada que permita aprovechar el conocimiento generado en diversas disciplinas científicas y tecnológicas.

La disponibilidad de nuevos y sofisticados sistemas de seguridad en los que se requiere disponer de la capacidad de responder en tiempos muy cortos a situaciones potencialmente peligrosas, procesando un volumen elevado de información, también exige desarrollar métodos de toma de decisiones en situaciones de riesgo, minimizando las consecuencias sobre personas, bienes o medio ambiente, para las que no existen soluciones actualmente.

La combinación de los factores tecnológicos (complejidad y evolución) y su interacción sobre sistemas sociales diversos, obliga a establecer para nuestro país prioridades en el desarrollo de tecnologías y a la integración de las mismas en productos o procesos concretos, de forma complementaria a la absorción de tecnología procedente de otros países en aquellas áreas no consideradas estratégicas.

Las actuaciones financiadas en este programa de Seguridad se realizarán de forma diferenciada de las que se desarrollen en el programa nacional de Defensa, aunque se establecerá un mecanismo de coordinación estrecha entre ambos programas nacionales que aseguren la máxima sinergia y optimización de recursos humanos y materiales disponibles.

Las actividades de I+D+I a desarrollar en el "Programa Nacional de Seguridad" tienen como objetivo básico mejorar la adquisición de la información, la obtención y aseguramiento de pruebas, la toma de decisión y su puesta en marcha por parte de las autoridades responsables (tanto civiles, judiciales, policiales, como militares y tanto en el sector privado como en el público) ante riesgos o amenazas individuales o colectivas que afecten a la seguridad de bienes y personas, y a la mejora de los materiales y medios a su disposición en aras de la mejora de la seguridad colectiva.

Desde un punto de vista conceptual el objetivo perseguido es incrementar la seguridad colectiva ante amenazas internas y externas, respondiendo a éstas, cuya sofisticación tecnológica también ha ido en aumento, con el desarrollo y uso de tecnologías avanzadas. Es preciso considerar tres aspectos fundamentales:

- La existencia de tres niveles objetivos de la seguridad: personas aisladas, grupos con relaciones entre ellos, o el conjunto de la sociedad (grandes volúmenes de población).
- La identificación de amenazas concretas para cada uno de los niveles de riesgo derivados del terrorismo, delincuencia organizada, disturbios o situaciones de crisis.
- La existencia de sistemas integrados de vigilancia y seguridad empleados en los niveles mencionados con actuaciones relacionadas con cada una de las amenazas y, por otro lado, su inserción en actuaciones preventivas sobre amenazas potenciales

En resumen, se puede decir que el objeto del Programa Nacional de Seguridad en el marco del PN de I+D+I es el de contribuir a la reducción de amenazas y a sus efectos (tanto de forma reactiva como proactiva) mediante la investigación y el desarrollo de elementos y sistemas de seguridad avanzados y su absorción real por parte de las unidades especializadas.

También es de destacar la existencia de diversas fuentes de amenazas a la seguridad (ya sea individual o colectiva): de origen natural que originan desastres naturales (inundaciones, incendios, terremotos, etc.) y de origen humano que pueden provocar pérdidas de bienes o vidas humanas. El mejor conocimiento de las primeras de ellas es objeto de los programas nacionales de Ciencias y tecnologías medioambientales y de Biodiversidad, ciencias de la tierra y cambio global.

El programa nacional de seguridad se concentrará únicamente en las amenazas a la seguridad de origen humano, aunque se abordarán los aspectos de protección civil en la medida que sea necesario para controlar situaciones de pánico o pillaje derivados de acontecimientos naturales.

Por otra parte, dicho Programa Nacional debe permitir desarrollar equipos y sistemas propios, para su uso en España o como contribución al desarrollo de una industria especializada con alta capacidad de introducirse en mercados internacionales. Por otro lado, esta misma capacidad permitirá a nuestro país contribuir mejor a desarrollos conjuntos con otros países.

El desarrollo tecnológico ligado a las líneas prioritarias de Seguridad que se mencionarán en el apartado siguiente, supone un esfuerzo continuo en la mejora de los sistemas existentes a los que dedican crecientes recursos económicos todos los países desarrollados.

En el caso español, este esfuerzo se ha centrado más en identificar e incorporar a las fuerzas y cuerpos de seguridad del Estado material y sistemas sofisticados que les permita cumplir eficazmente con su función, que en la concepción y el desarrollo de sistemas propios.

Es de señalar que en España se dispone del Centro Nacional de Inteligencia (CNI) con actividad de investigación en el área de Criptología y que las fuerzas y cuerpos de Seguridad del Estado disponen de amplia experiencia, medios y capacidades en este campo.

La participación del sistema público español a las actividades de I+D+I en Seguridad son reducidas, no existiendo ningún centro público que sirva de referencia en este campo. No obstante, en el conjunto de los OPIs y universidades españolas existen grupos de investigación con conocimientos y capacidades suficientes para su implicación en las prioridades mencionadas.

En el caso empresarial, la industria de Defensa española se encuentra plenamente capacitada para su incorporación efectiva al programa, así como PYMEs de alta tecnología en los sectores de electrónica, telecomunicaciones, nuevos materiales y biotecnología con capacidades demostradas. La puesta en marcha de este programa puede conllevar una cierta migración de actividades de la industria de Defensa hacia este campo.

2 Estructura y objetivos del programa

Desde el punto de vista científico y tecnológico, el objetivo del Programa Nacional de Seguridad es el desarrollo de nuevo conocimiento y tecnología relacionada con los procesos de:

- **Identificación de personas u objetos** con el consiguiente reconocimiento de la amenaza implícita derivada de los mismos, o de su uso, en un contexto de riesgo determinado.
- **Vigilancia y seguimiento de personas o bienes** ya identificados con el fin de incrementar la confianza en la prevención de situaciones de inseguridad o en el mantenimiento de la situación estable de las mismas.
- **Protección de personas** para el mejor cumplimiento de sus funciones y la disminución de riesgos personales.
- **Protección de información** ante amenazas informáticas, robos, modificación no consentida y similares. Fundamentalmente, en relación con información de carácter digital con valor económico, informativo o cultural.
- **Desactivación de objetos** con agentes químicos, biológicos o medioambientales previamente identificados y sometidos a vigilancia o no cuya amenaza sea inminente u objetivamente alta.
- **Despliegue rápido para la interceptación** como resultado de la identificación de una amenaza concreta derivada de personas, mediante actuaciones automáticas o mediante fuerzas de protección.

- **Armamento no letal** para neutralización de individuos o animales aislados o en grupos, en situaciones de riesgo colectivo, tanto desde el punto de vista de la "munición" como de los sistemas de "lanzamiento" de la misma. Esta línea prioritaria tendrá elementos comunes con el Programa Nacional de Defensa.
- **Protección Civil**, para la mejora de tiempo de respuesta y reducción de consecuencias en situaciones de pánico y emergencia.
- **Metodologías de gestión de riesgos** para la detección, valoración y puesta en marcha de mecanismos de respuesta a las consecuencias de desastres naturales o provocados por el hombre, incluyendo los aspectos sociológicos del control de situaciones de pánico o la difusión de información sensible. Se consideran, asimismo, los métodos y aspectos organizativos del control y despliegue de los sistemas de seguridad.
- **Sistemas de investigación forense**, para implementar todos los medios, técnicas y equipos médicos, electrónicas, químicos y físicos existentes para la investigación de restos humanos y cualquier tipo de materiales

En las áreas de actividad mencionadas anteriormente es necesario utilizar diversas tecnologías y conocimiento de forma combinada dado que las soluciones integradas necesarias son claramente multidisciplinarias.

Con ello no se pretende desarrollar tecnologías específicas (que realmente, no son exclusivas de esta área) sino aprovechar y adaptar las existentes a las necesidades específicas de este programa. Situación similar puede darse en los esfuerzos para convertir el conocimiento tácito disponible en explícito para una mejor codificación y transferencia del mismo. Asimismo, debe tenerse presente que los aspectos citados no son independientes sino que pueden compatibilizarse en determinadas situaciones de riesgo.

Aunque la mayor parte de las prioridades del programa nacional de Seguridad estarán ligadas a su utilización por las fuerzas y cuerpos de Seguridad del Estado, y responden a los problemas planteados a las mismas, es preciso indicar que en el contexto del PN de I+D+I, el uso de muchos de sus métodos y sistemas está también abierto a otras actuaciones en el área civil, ya sea por parte de empresas de seguridad o directamente por responsables de la seguridad de instalaciones singulares o de personas en los que se requiera mejorar la eficacia de los sistemas actuales.

Es preciso indicar que también se está produciendo en el seno de la Unión Europea un incremento del interés en esta área habiéndose incorporado también en las prioridades de un futuro programa financiado con fondos comunitarios. En el caso de que esto se produzca, será necesario asegurar la máxima sinergia entre el Programa Nacional de Seguridad y el comunitario.

El Programa por tanto se estructura en las siguientes prioridades temáticas:

2.1 Identificación

En la línea de Identificación el objetivo general perseguido es el de mejorar la eficacia de los procedimientos de identificación existentes actualmente con los objetivos concretos de:

- incrementar la velocidad de identificación,
- mejorar la seguridad en la identificación y
- potenciar la portabilidad de los sistemas de identificación

Las prioridades científicas y tecnológicas identificadas están asociadas a una mejora de los sistemas de reconocimiento de rasgos a partir de parámetros físicos y a asociar éstos, en una segunda fase, a individuos u objetos concretos.

Las líneas de actuación prioritarias consideradas son las siguientes:

- Desarrollo de sistemas de identificación biométrica de personas aisladas
 - Identificación cercana: Sistemas de reconocimiento integrado de datos biométricos: mejora de las comunicaciones de remisión de huellas dactilares para su comparación con las bases de datos del SAID y ampliación de las terminales de consulta. Desarrollo de programas de reconstrucción y reconocimiento biométricos. Desarrollo de programas de reconocimiento de imágenes en 3D. Desarrollo de programas de transformación temporal en evolución de rasgos físicos.
 - Identificación lejana: Sistemas de identificación de individuos en grupos de personas (concentraciones, acontecimientos deportivos o culturales, manifestaciones, etc.) mediante reconocimiento de características físicas en entornos dinámicos. Estudio, desarrollo y mejora de las condiciones de programas para identificación.
 - Mejora de técnicas de reconstrucción de rasgos personales (retratos robot, evolución temporal de rasgos físicos, etc.) en apoyo a las técnicas de identificación.
 - Miniaturización de los sistemas de identificación biométrica con el objetivo de su uso en todo tipo de ambientes (convencionales y hostiles).
 - Reconocimiento de animales: mediante reconocimiento integrado tridimensional de imágenes, sonidos, olores, etc.
- Desarrollo de sistemas de identificación de objetos o sustancias aisladas.
 - Identificación de objetos inanimados (vehículos, barcos, aviones, contenedores, etc.) mediante lectura automática de identificadores (matrículas, marcas de fábrica, etc.), tanto a cortas como a largas distancias.
 - Identificación de objetos en movimiento (vehículos, barcos, aviones) en contextos complejos en los que coexisten con otros objetos. Esta prioridad se relaciona con la de seguimiento.
 - Identificación de presencia de drogas. Análisis in situ del tipo de droga, pureza y cantidad.
 - Identificación de sustancias peligrosas.
- Estudio, aplicación y desarrollo mediante los nuevos conocimientos científicos y tecnológicos de sistemas rápidos de identificación genética. Reconocimiento. Bases de datos.

En esta área las tecnologías de base se centran tanto en el diseño de circuitos integrados a medida (ASICs) para incrementar su portabilidad, como en el uso de algoritmos sofisticados de reconocimiento de formas y patrones orientados a este tipo de aplicaciones.

2.2 Vigilancia y seguimiento

El objetivo de la prioridad temática de vigilancia y seguimiento es el de incrementar el conocimiento que se puede tener de la presencia de personas u objetos en zonas geográficas predeterminadas con especial atención a su movilidad.

Se pretenden cubrir los objetivos concretos de:

- Incrementar el grado de confianza en la información recibida en áreas urbanas, marítimas y rurales para la detección de amenazas y
- Mejorar la integración de la información recibida en sistemas de alerta y prevención para incrementar la confianza en las decisiones adoptadas.

Los sistemas de vigilancia y seguimiento asumen la existencia de una identificación previa del objeto a seguir (ya sea como resultado de una actuación explícita de identificación o por el conocimiento

cierto del objeto por parte de la unidad de vigilancia y seguimiento). El objeto vigilado es, por tanto, conocido aunque no su comportamiento y acciones.

Las líneas de actuación identificadas son:

- Desarrollo de sistemas avanzados de vigilancia personal.

El objetivo es facilitar el seguimiento de determinadas personas con trazadores electrónicos

- Equipamiento para el seguimiento dinámico a distancia de personas aisladas o de grupos de personas en situación de riesgo (población penitenciaria, testigos protegidos, maltrato, menores, tercera edad, etc.)

- ♦ Transmisores y receptores ubicuos
- ♦ Mejora de la inmunidad a interferencias o pérdidas de contacto
- ♦ Integración con sistemas de posicionamiento satelital

- Sistemas de visión penetrante frente a obstáculos físicos (paredes opacas, sin iluminación, etc.)

- Sistemas de detección de personas en espacios confinados.

- Automatización de la interpretación de situaciones derivadas de la vigilancia personal.

- Mejora de la vigilancia genérica de zonas geográficas

El objetivo es detectar la presencia de intrusos y la puesta en marcha de las medidas correctoras pertinentes.

- Vigilancia estática y dinámica en zonas terrestres y marítimas

- ♦ Integración con sistemas de control de tráfico
 - Radares móviles portátiles
- ♦ Detección de la presencia de vehículos o de personas en zonas protegidas
- ♦ Integración con los sistemas de vigilancia costera
- ♦ Detección de la presencia de embarcaciones
- ♦ Generación de documentación multimedia on-line

- Vigilancia de zonas geográficas amplias mediante teledetección

- ♦ Se determinarán prioridades en relación con el posible satélite de observación de la Tierra nacional y de la participación española en la iniciativa GMES propuesta por la Unión europea.
- ♦ Seguimiento de vehículos. Posible aplicación de sistemas de navegación. Seguimiento teledirigido sin presencia humana. Deberá alentarse el desarrollo de aplicaciones en este ámbito en el contexto del desarrollo del sistema Galileo.

2.3 Protección de personas

El objetivo de la prioridad temática de protección de personas en situaciones de riesgo, se trata de mejorar los sistemas existentes en el equipamiento necesario para que una persona con funciones y responsabilidades concretas (agente, policía) pueda incrementar su funcionalidad en ambientes hostiles con los siguientes aspectos generales:

- Incremento de la maniobrabilidad
- Durabilidad del material en entornos hostiles (fuego, inundaciones, ruido, altercados, etc.) y
- Mejora de la velocidad en la toma de decisiones
- Reducción de costes

Las líneas de actuación identificadas son:

- Desarrollo de equipos ultraligeros de protección individual
 - Material incorporado al agente: chalecos, cascos, máscaras, que mejoren los disponibles actualmente en peso, durabilidad y protección frente a impactos, fuego, etc..
 - Material de protección externo: escudos, pantallas, etc. que mejoren la funcionalidad y reduzcan peso y coste de las disponibles actualmente
- Mejora de blindajes en vehículos con reducción de peso o maniobrabilidad
 - Mejora de materiales para blindajes, tanto opacos como transparentes, en vehículos motorizados
 - Reducción de costes de blindaje en vehículos preexistentes
- Sistemas integrados de información en el equipamiento del agente (en cascos, escudos protectores o implantados en el cuerpo) para el apoyo a la toma de decisiones.
- Sistemas de comunicaciones inalámbricas multimedia de corto alcance para el mantenimiento operativo interno de un grupo de protección (bomberos, policía, protección civil, etc.) en los que sea necesario el contacto continuo.

2.4 Protección de la información digital

El objetivo fundamental de la prioridad temática de protección de información digital está dirigido a mejorar los sistemas para la detección de accesos ilícitos y de mejora del nivel de seguridad para la protección de la información considerada sensible desde el punto de vista de la Seguridad del Estado.

Esta prioridad temática debe tener en cuenta las actuaciones que se realizan en los programas nacionales del área de tecnologías para la Sociedad de la Información con el fin de evitar solapes en el desarrollo de investigación básica.

Las líneas de actuación identificadas son:

- Identificación segura de información digital
 - Detección automática de la falsedad de billetes, boletos de loterías, o cualquier otro documento de valor contable,
 - Sistemas de marcas de agua y otros para protección y reconocimiento de bienes culturales digitalizados
 - Desarrollo de identificadores digitales de bienes inventariados (etiquetas electrónicas)
- Rastreo de información digital
 - Adaptación de motores de búsqueda al seguimiento de información digital de interés policial en Internet
 - Mejora de mecanismos de acceso protegido y trazabilidad a cuentas bancarias o información sensible.
 - Establecimiento de sistemas de gestión automática de la información digital.
- Seguridad en comunicaciones
 - Mejora de métodos criptológicos y algoritmos de cifrado
 - Certificación de sistemas de cifrado
 - Interceptación e inhibición de comunicaciones digitales en sistemas inalámbricos o sobre cable.
- Servicios de gestión integrada de información
 - Sistemas de gestión automática de denuncias de tráfico
 - Administración electrónica de denuncias.

- Sistemas de tratamiento de información en diferentes idiomas.
- Sistemas automatizados de consulta en diferentes bases de datos.

Estas actuaciones podrán coordinarse desde el Programa Nacional de Servicios para la sociedad de la información en el que se ha incluido como prioridad el desarrollo de la e-administración.

2.5 Desactivación de objetos

En la prioridad temática de desactivación de objetos con riesgo el objetivo genérico es el de reducir los tiempos necesarios para la corrección de una amenaza detectada, así como reducir sus efectos a las personas que los manipulan y en las zonas geográficas próximas.

Las líneas de actuación identificadas son:

- Análisis y caracterización in situ de materiales potencialmente peligrosos
 - Detectores y analizadores de drogas, explosivos, NBQ
- Mecanismos de desactivación de explosivos
 - Robots especializados con control visual y manipulación a distancia
 - Robots especializados con mayores grados de autonomía y capacidad de decisión
- Mejora de la protección física en bienes cercanos (cristales, vehículos, puertas, etc.)

2.6 Despliegue rápido para la interceptación

En la prioridad temática de despliegue rápido para la interceptación el objetivo genérico es el de reducir los tiempos de despliegue y el éxito en el proceso de interceptación. Las actuaciones están ligadas a mejoras en el equipamiento móvil. Como objetivos concretos se pretende:

- incrementar el grado de automatización de la toma de decisiones y
- la descentralización de la toma de decisiones mediante agentes con un grado de autonomía mayor.

Las líneas de actuación identificadas son:

- Vehículos no tripulados para apoyo a la interceptación
- Vehículos antidisturbios
- Lanzadores de material paralizante, dispersante, trazador, etc.
 - Desarrollo de sistemas móviles para diversos vehículos
- Material especializado para ocupación, liberación, etc.
- Interceptación y observación de las comunicaciones (telefónica, correo electrónico, internet, radio, acceso a otros datos asociados...)

2.7 Armamento no letal

En la prioridad temática de armamento no letal se pretende diseñar y desarrollar nuevos tipos de armamento no letal para las fuerzas de seguridad que incrementen el periodo de incapacidad sin efectos secundarios graves o letales.

Por armamento no letal se entiende aquel que respetando el derecho a la integridad física de los ciudadanos, la protección de sus bienes materiales y el respeto a su entorno natural permite, a su vez, alcanzar los objetivos de seguridad requeridos con la neutralización de las amenazas identificadas.

Concretamente, se pretende analizar el desarrollo de nuevas técnicas en las áreas de:

- Tecnologías anti-sensores que reduzcan la eficacia de sensores preexistentes
 - Destellos luminosos de gran intensidad
 - Pulsos de microondas de elevada energía
 - Pulso electromagnético no nuclear (implosión de bobina superconductora)
- Tecnologías antimovilidad que inmovilicen a las personas o a sus medios de transporte
 - Alteraciones del medio sobre el que circula un móvil
 - Alteraciones de la combustión (aditivos, cuerpos extraños)
 - Fragilización o corrosión de materiales
- Tecnologías contra C4I que eliminen la cadena de mando
 - Haces de microondas y pulso electromagnético no nuclear
 - Virus informáticos
- Tecnologías contra infraestructuras físicas
 - Distribución eléctrica
 - Generadores eléctricos
 - Almacenamiento de bienes tanto perecederos como imperecederos
- Tecnologías anti-personas
 - Sistemas sensoriales (sonoros, visuales, olfativos)
 - Radiaciones electromagnéticas de alta frecuencia
 - Dispersión de gases incapacitantes
 - Impacto (bolas de goma, etc.)
 - Movilidad (sedantes, obstáculos)
 - Discernimiento (sedantes, deslumbramiento, infrasonidos, proyección de hologramas)

2.8 Protección civil

En la prioridad temática de protección civil se pretende mejorar los tiempos de respuesta y la reducción de las consecuencias indeseables derivadas de los mismos desde el punto de vista de la organización de la población y el control de las situaciones de pánico o pillaje con posterioridad a la declaración de situaciones de emergencia. Se trata en todo caso de actuaciones derivadas de acciones de origen humano y no natural.

Las líneas de actuación identificadas son:

- Detección temprana de alertas medioambientales provocadas
 - NBQ (acciones terroristas)
 - Desarrollo de sensores especializados para entornos abiertos o cerrados
- Desactivación de explosivos
 - Des-minado (en zonas urbanas y en zonas rurales)
 - Reducción de efectos de ondas expansivas
- Despliegue rápido de fuerzas de protección civil
 - Sistemas de control de despliegue en zonas múltiples
 - Evacuación controlada de zonas de riesgo

2.9 Metodologías integradas de gestión de riesgos

La propia concepción y la determinación de riesgos colectivos puede beneficiarse del desarrollo de las ciencias sociales y, en especial, el desarrollo de metodologías integradas de gestión de riesgos. Por ellas se entiende sistemas que permiten el análisis de riesgos (identificación, caracterización y cuantificación), y su reducción (mitigación, monitorización) mediante planes de contingencia específicos.

Estas metodologías, desarrolladas extensamente en el campo de la protección civil, centrales nucleares o gestión de proyectos complejos, pueden adaptarse al desarrollo de sistemas integrados de seguridad.

Las líneas de actuación identificadas en esta prioridad temática son:

- Caracterización de situaciones de riesgo
 - Definición de riesgos
 - Caracterización causal y temporal
 - Cuantificación (categorías)
- Elaboración de planes de contingencia
 - Automatización de los procesos de reevaluación de situaciones
- Simulación de análisis de situaciones de riesgo
 - Simulación distribuida
 - Entrenadores
- Desarrollo de sistemas integrados de gestión de riesgos
 - Integración con sistemas de toma de decisiones
 - Integración con sistemas de alerta temprana

2.10 Sistemas de investigación forense

Se trata de aplicar todos los medios, técnicas y equipos médicos, electrónicos, químicos y físicos existentes para la investigación de restos humanos y cualquier tipo de materiales que sirva de apoyo a la administración de justicia en el ámbito de la medicina legal.

Se pretende profundizar en el desarrollo de las técnicas de investigación de huellas, identificación de restos humanos por análisis biológico de los vestigios que pueden contribuir al esclarecimiento de los hechos investigados en criminología. Especial importancia adquieren las técnicas de análisis de códigos genéticos, particularmente la identificación por el ADN.

Esta prioridad temática tendrá elementos comunes con el Programa Nacional de Biomedicina.

3 Actuaciones relacionadas con la implementación del programa

Las prioridades temáticas identificadas en los apartados anteriores abordan aspectos parciales orientados a objetivos concretos que no son independientes. Globalmente, deben contribuir al desarrollo de sistemas integrados de seguridad en los que se combinarán muchos de los elementos indicados anteriormente.

Desde este punto de vista se pretende que el esfuerzo a desarrollar en el Programa Nacional de Seguridad se beneficie de esfuerzos realizados en otros programas de los que deberá identificar actuaciones de utilidad para sus fines.

Dada la naturaleza de las actividades a llevar a cabo en el Programa Nacional de Seguridad, se estima que parte de ellas puede realizarse mediante los mecanismos habituales de convocatorias en concurrencia competitiva comunes al resto del Plan Nacional de I+D+I mientras que otras requerirán, por su propia naturaleza, procedimientos de ejecución basados en la calificación previa de los potenciales agentes ejecutores en concursos restringidos para su financiación.

Este programa deberá orientarse al cumplimiento de los objetivos señalados con arreglo a las siguientes modalidades de participación:

1. Generación de demostradores integrados para poder analizar las potencialidades de soluciones integradas en dominios de aplicación concretos.
 - a. Se trata con ello de facilitar la evaluación de su uso en condiciones cercanas a la realidad por parte de las entidades responsables de su uso.
 - b. Se han identificado dos posibles demostradores integrados
 - i. Integración de subsistemas de identificación, vigilancia y seguimiento
 - ii. Automatización de sistemas de denuncias
2. Realización de proyectos de I+D de carácter aplicado en todas las áreas prioritarias.
 - a. Parte de estos proyectos deberán ir en convocatorias abiertas mientras que otros se deberán financiar en concursos con fase de calificación previa.
3. Equipamientos en convocatorias de infraestructura
 - a. Instalaciones de tamaño medio gestionadas por instituciones públicas para su uso en evaluación de resultados de los proyectos de I+D
4. Apoyo a la cooperación internacional
 - a. En todo caso, no se considera conveniente que este programa esté abierto a la participación de otros grupos de investigación al no contemplarse en estos momentos la I+D+I en Seguridad como parte del Espacio Europeo de Investigación e Innovación (ERA)

4 Relación con otros programas nacionales

Las actuaciones prioritarias de I+D+I en Seguridad no están aisladas de otras actividades de I+D+I ligadas a otras políticas sectoriales susceptibles de complementarse o adaptarse para su empleo en este campo. Entre ellas, se debe citar las que se desarrollen en los programas nacionales de Defensa, de Tecnologías para la Salud y el Bienestar, de Ciencias y Tecnologías Químicas, de los programas en el área de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, de Medio ambiente, de Espacio, o de Materiales, con las que comparten tecnologías o sistemas, aunque con objetivos específicos de uso diferenciados, o de las que se pueden aprovechar del conocimiento generado en los mismos para su empleo en sistemas de seguridad.

Es preciso tener en cuenta que diversas actividades de I+D+I relacionadas con tecnologías aplicables en este ámbito han sido abordadas en anteriores planes nacionales de I+D+I desde las actuaciones emprendidas en diversos programas nacionales. Si bien este enfoque es válido para el desarrollo de la tecnología básica requerida, y así seguirá ocurriendo en el PN 2004-2007, no lo es tanto desde el punto

de vista del desarrollo de sistemas concretos en los que es previsto integrar varias tecnologías avanzadas y demostrar su utilidad en un dominio concreto.

Como ya se ha indicado en la introducción, el área de Seguridad y Defensa es usuario de múltiples desarrollos o del conocimiento generado en otros programas nacionales.

1. Programas nacionales del área de tecnologías de la sociedad de la información

Las prioridades temáticas de interés común son:

- Ingeniería del software
- Microelectrónica
- Comunicaciones inalámbricas

2. Programa Nacional de Materiales

Las prioridades temáticas de interés común son:

- Biomateriales
- Blindajes
- Materiales magnéticos

3. Programa Nacional de Ciencias y tecnologías químicas

Las prioridades temáticas de interés común son:

- Explosivos

4. Programa Nacional de Defensa

Las prioridades temáticas de interés común son:

- Armamento no letal
- Blindajes en vehículos
- Componentes para la protección personal

5. Programa Nacional del Espacio

Las prioridades temáticas de interés común son:

- Sistemas de navegación.
 - España está apoyando la iniciativa de la Comisión y de la UE sobre la iniciativa GMES
- Desarrollo de un satélite de observación de la Tierra con capacidades de apoyar las actividades de identificación y seguimiento de objetos.
 - Por otro lado, la participación en el sistema Galileo permitirá el desarrollo de un nuevo conjunto de aplicaciones para la identificación y seguimiento.

Programa Nacional de Defensa

1 Ámbito del programa nacional

1.1 Introducción

El programa de Defensa tiene como objetivo impulsar el desarrollo tecnológico en el ámbito de las Fuerzas Armadas. El Plan Director de I+D de Defensa (PDID) fue aprobado por resolución del Secretario de Estado de Defensa el 5 de enero de 2001. El objetivo principal del PDID es definir los objetivos y las líneas de actuación del Ministerio de Defensa en el ámbito de la I+D mediante el establecimiento de las directrices que seguirá la política de investigación y desarrollo (I+D) y la selección de las áreas tecnológicas en las que el Departamento concentrará sus futuros esfuerzos.

Las actividades de I+D de Defensa tienen por finalidad contribuir a dotar a las Fuerzas Armadas españolas de sistemas de armas y equipos con el nivel tecnológico y las características de todo orden más adecuadas para sus futuras misiones, y ayudar a preservar y fomentar la base tecnológica e industrial española de la defensa.

La importancia que la tecnología tiene y ha tenido, especialmente en los dos últimos siglos, para los ejércitos, como instrumento para lograr una superioridad cualitativa sobre sus adversarios reales o potenciales, o, en su defecto, para mantenerse a la par con los progresos ajenos es patente en todos los conflictos recientes. No obstante es a partir de la segunda guerra mundial cuando se produce un cambio de enfoque: si, hasta 1939, los progresos tecnológicos "ocurrían" y se aprovechaban, a partir de 1945 se buscan de forma deliberada. En los países más avanzados se van poniendo en pie organizaciones dedicadas a la obtención sistemática de ese progreso tecnológico, que pasa así a ser un elemento de enorme importancia dentro de la planificación militar. Nace entonces la I+D militar tal y como la conocemos, y su importancia no dejará de crecer con el tiempo. En la actualidad, la tecnología ofrece nuevas posibilidades. La superioridad militar no se busca a cualquier precio como en el pasado. La superioridad tecnológica militar que se pretende alcanzar, permitirá reducir, en la medida de lo posible, las bajas personales, incluso los daños a las infraestructuras, los recursos energéticos, el patrimonio histórico, los recursos medioambientales, etc.

Una de las líneas de acción de la política de I+D de Defensa expresada en el PDID, las actividades de I+D "civil" y "militar" deben estar estrechamente relacionadas. Además, en el tercer informe de la Comisión Europea sobre Indicadores de Ciencia y Tecnología del año 2003 se hace mención expresa a la importancia de la I+D de defensa, que: "aunque su objetivo fundamental sean las investigaciones con propósito militar, el contenido de las investigaciones puede tener efectos significativos a largo plazo e impacto multiplicador en la economía y en la I+D civil."

En este tercer informe se señala precisamente que la fragmentación y la separación artificial que existe en Europa entre la investigación civil y la militar perjudica gravemente a la competitividad de Europa. En general, la dispersión y la falta de coordinación entre los diversos proyectos reducen la eficacia

de las inversiones en I+D de la UE. Parece que los europeos no somos capaces de transferir la investigación del sector militar en aplicaciones tecnológicas de forma tan eficiente como se realiza en EEUU.

1.2 Cooperación Internacional

España está plenamente integrada en la estructura militar de la Alianza Atlántica y firmemente implicada en la construcción de una defensa europea estrechamente imbricada en la OTAN, pero diferenciada de ella. En la Cumbre celebrada en Praga, los días 21 y 22 de noviembre de 2002, los Presidentes de Estado o de Gobierno de los países miembros de la Alianza Atlántica suscribieron el Compromiso de Capacidades de Praga (Prague Capabilities Commitment – PCC). Este compromiso se enmarca dentro del esfuerzo continuo de la Alianza para mejorar y desarrollar nuevas capacidades militares, necesarias para llevar a cabo todo el amplio elenco de misiones que le pueden ser encomendadas, en un ambiente de alto riesgo. Los aliados han asumido compromisos políticos firmes para mejorar sus capacidades en las áreas de defensa contra ataques químicos, biológicos, nucleares y radiológicos; inteligencia, vigilancia y adquisición de objetivos; vigilancia aérea del terreno; mando, control y comunicaciones; eficacia en el combate, incluyendo municiones guiadas de precisión y supresión de defensas aéreas; transporte estratégico aéreo y marítimo; reabastecimiento de aviones en vuelo; y unidades desplegadas de apoyo al combate y apoyo logístico.

Este esfuerzo para mejorar las capacidades militares de la Alianza debe ser mutuamente reforzado por el realizado por la Unión Europea en el ámbito de la Política Europea de Seguridad y Defensa, respetando la autonomía de ambas organizaciones y manteniendo un espíritu de transparencia.

Por su parte, la Unión Europea ha destacado a este respecto su determinación de desarrollar una capacidad autónoma para decidir y, en aquellas operaciones militares en las que no participe la OTAN como tal, para iniciar y llevar a cabo operaciones militares dirigidas por la UE en respuesta a crisis internacionales. A tal fin, los Estados miembros han decidido dotarse de capacidades militares más eficaces. Esta evolución forma parte integrante del fortalecimiento de la política exterior y de seguridad común y permitirá a la Unión contribuir más a la seguridad internacional con arreglo a los principios de la Carta de las Naciones Unidas, la Carta de la Organización para la Seguridad y la Cooperación en Europa y el Acta final de Helsinki. La Unión reconoce que la responsabilidad del mantenimiento de la paz y la seguridad internacionales corresponde en primer lugar al Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas. Los trabajos realizados desde el Consejo Europeo de Feira han permitido a la Unión definir la combinación de medios necesarios para llevar a bien todas las misiones de Petersberg (conjunto de las misiones de prevención de conflictos y gestión de crisis definidas en el Tratado de la Unión Europea), incluidas las que exigen mayores medios. Han permitido definir pormenorizadamente las capacidades militares y las fuerzas que necesita la UE para alcanzar el objetivo general. Las necesidades así definidas se han recogido en un catálogo de capacidades. Tal como se convino en el Consejo Europeo de Feira, para la elaboración de ese catálogo se han aprovechado las competencias militares de la OTAN.

El Grupo de Armamento Europeo Occidental (GAEO) es un foro encaminado a suscitar las condiciones necesarias para crear un Mercado Europeo de Armamento y un Plan Tecnológico Europeo que, eliminando competencias entre los países del continente, contribuyan a mejorar la capacidad de todos ellos tanto a nivel individual como en grupo. El objetivo final es conseguir el aumento del nivel europeo en tecnologías de armamentos que permita competir con los Estados Unidos en el mercado global de defensa.

La Organización Europea de Armamento (OAE) surgió a propuesta del GAEO, con parecidos fines a los del Grupo, pero encuadrada en la personalidad jurídica de la Unión Europea Occidental (UEO), al amparo del Tratado de Bruselas de 1954. La OAE se constituyó en 1996 y es la precursora de una Agencia Europea de Armamento, aún en ciernes, en la que debe convertirse el actual brazo ejecutivo de la

OAEO, conocido como Célula de Investigación. La Agencia Europea de Armamento tendrá capacidad para promover la contratación y gestionar todo tipo de programas de cooperación y colaboración. Estará capacitada para adjudicar y administrar contratos, poseer propiedades y participar en acuerdos internacionales. Sus actividades abarcarán tanto el I+D como la producción, adquisición de equipos, puesta en servicio de sistemas y todo lo relativo a su ciclo de vida.

A las organizaciones citadas debe unirse Acuerdo Marco para la Reestructuración de la Industria Europea de Defensa (FA/LOI), destinada a facilitar la reestructuración de las industrias europeas aeroespacial y de electrónica de defensa, firmado por Alemania, Francia, España, Italia, el Reino Unido y Suecia. Con este documento se trata de alcanzar una serie de acuerdos para resolver los problemas que planteará la creación y funcionamiento de industrias transnacionales.

Estos compromisos internacionales exigen una mayor necesidad de actividades de I+D como medio, bien que no exclusivo, de alcanzar un nivel cualitativo similar al de nuestros aliados, que permita a las fuerzas españolas participar con ellos en operaciones combinadas y, en su caso, liderarlas.

1.3 Brecha tecnológica

El retraso tecnológico que padecen las Fuerzas Armadas europeas, y con mayor motivo las españolas, respecto de las norteamericanas en muchos campos, no hace, por el momento, sino ampliarse. La brecha tecnológica que hoy en día existe entre Europa y Estados Unidos podría incluso hacerse insalvable. Razones que justifican esta afirmación, tenemos varias. La primera, que no la única, sería el simple hecho de que Estados Unidos ha venido dedicando a I+D de Defensa, aproximadamente cuatro veces lo que ha dedicado Europa, y como consecuencia del lamentable hecho terrorista del 11 de Septiembre de 2001, esta diferencia de recursos económicos dedicados a I+D, entre EE.UU. y Europa, ha aumentado. Otra razón, que avala nuestro temor de que la citada brecha tecnológica entre EE.UU. y Europa siga aumentando, es el hecho de que los norteamericanos han empleado sus recursos económicos de I+D de acuerdo con una única política, mientras que en Europa se tienen tantas políticas como países, y esto da lugar a redundancias y diversificaciones de esfuerzos en lugar de aunar fuerzas para conseguir objetivos únicos de carácter europeo.

1.4 Particularidades de la I+D de Defensa

Pese a la necesidad de estrechar las relaciones, existen importantes diferencias entre las actividades de I+D del Ministerio de Defensa y las del resto del Plan Nacional. Diferencias que no se refieren sólo a las materias objeto de I+D y a su mayor grado de confidencialidad, sino, también, a la finalidad de la I+D, que en el caso del Ministerio de Defensa se orienta a la obtención de sistemas de armas (en su sentido más amplio), las exigencias derivadas de la creciente cooperación internacional, la existencia de tecnologías específicas de Defensa, no duales, y que además requieren de especiales medidas de protección; y el hecho de que la defensa nacional sea competencia exclusiva del Estado, a diferencia de otros ámbitos y sectores del I+D que pueden ser compatibilizados con las comunidades autónomas.

Conviene destacar, que la singularidad de las actividades de I+D de Defensa, está reconocida en la Ley 13/86, de 14 de Abril, de fomento y coordinación de la Investigación Científica y Tecnológica (Ley de la Ciencia), cuya disposición adicional Octava expone que la propia Ley se aplicará sin perjuicio de la competencia de la Ley Orgánica 6/80, de 1 de Julio, por la que se regulan los criterios básicos de la Defensa Nacional y la Organización Militar, en la que se atribuye al Ministro de Defensa, el fomento y coordinación de la investigación científica y técnica en materias que afecten a la Defensa Nacional.

Las actuaciones del Ministerio de Defensa relacionadas con actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico incluyen la realización de estudios de definición de proyectos, estudios de pre-

viabilidad y viabilidad, diseño y ensayos de prototipos y pruebas para el desarrollo de proyectos de interés. También financia apoyo técnico y humano a empresas para la realización de estudios que tengan una finalidad utilizable para la Defensa. Estas actividades se realizan a través de su participación en programas internacionales (OTAN, UEO, etc.), programas conjuntos con la industria y programas propios del Departamento.

1.5 Organización de la I+D de Defensa

La dirección de las actividades de I+D, correspondientes al Programa Nacional Defensa, se lleva a cabo en la Dirección General de Armamento y Material (DGAM). Estas actuaciones (programas) originan contratos con las universidades y/o, más frecuentemente, con las empresas. No obstante, los seis centros de I+D pertenecientes orgánicamente a la DGAM a través de la Subdirección General de Tecnología y Centros (SDG TECEN) realizan actividades de I+D, especialmente, de investigación aplicada, ensayos y pruebas, en las áreas de metrología, materiales estructurales, mecánica de precisión, óptica y optróica, electrónica, direcciones de tiro, simulación, defensa NBQ, explosivos, cohetes y misiles, armamento y munición de todos los calibres y balística.

Estos centros de investigación dependientes de SDG TECEN son los siguientes: Centro de Ensayos Torregorda –CET–; Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada –CIDA–; Fábrica Nacional La Marañosa –FNM–; Laboratorio Químico Central de Armamento –LQCA–; Polígono de Experiencias de Carabanchel –PEC– y Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería –TPYCEA–. Estos centros, excepto el Centro de Ensayos Torregorda ubicado en Cádiz, van a integrarse en un único Centro Tecnológico. Esta integración supondrá la adaptación de las actividades actualmente desarrolladas. El nuevo centro denominado “Instituto Tecnológico La Marañosa” se ubicará en los terrenos de la actual Fabrica Nacional de la Marañosa en el termino municipal de San Martín de la Vega.

El Ministerio de Defensa tiene dos organismos autónomos, el Canal de Experiencias Hidrodinámicos de El Pardo (CEHIPAR) y el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial “Esteban Terradas” (INTA).

En resumen, la política de seguridad y defensa adoptada por España, en el marco de la defensa colectiva con la que como todos los países de nuestro entorno estamos comprometidos, tiene unas consecuencias claras en la política de I+D. Las nuevas Fuerzas Armadas españolas serán reducidas pero necesariamente habrán de estar bien equipadas. Los sistemas de armas necesarios darán lugar a importantes actividades de I+D que sólo parcialmente podrán tener lugar en España. El volumen e importancia de las que se mantengan aquí dependerá de la política de I+D que se ponga en práctica y de los recursos que se le dediquen.

2 Justificación de la priorización del programa

2.1 Criterios científicos

La contribución al conocimiento de las actividades de investigación de defensa han sido y sigue siendo considerable, la Comisión Europea ha señalado que el contenido de las investigaciones de Defensa puede tener efectos significativos a largo plazo e impacto multiplicador en la economía y en la I+D civil. Algunos ejemplos de productos y servicios de uso civil que derivan de ideas que se desarrollaron originalmente con fines militares son: el GPS (sistema de posición global), la World Wide Web (Internet) y las telecomunicaciones por satélite.

Los centros de tecnología de defensa tienen una larga historia de más de 50 años y mucha experiencia en diversas áreas tecnológicas, algunos ejemplos de grupos de investigación existentes en los

Centros Tecnológicos son: óptica e infrarrojo en el CIDA; misiles y cohetes en el LQCA; Municiones, Pólvoras y Explosivos en el PEC y en el CET; protección NBQ en la FNM; metrología en el TPYCEA, etc.

La cooperación internacional relacionada con defensa, como se ha comentado, tiene una gran importancia tanto en la investigación como en el desarrollo. Pero concretamente en los aspectos de investigación, es importante nuestra participación en el acuerdo FA/LOI antes mencionado que, nos ha permitido el intercambio de información con los seis países firmantes, estableciéndose una base de datos común de aproximadamente 800 programas de investigación y tecnología que actualmente se está desarrollando.

2.2 Criterios de carácter tecnológico y sectorial

La industria de Defensa da trabajo a 15.000 puestos directos y a más de 20.000 indirectos. La mejora de la coordinación entre la política de adquisiciones y la de I+D y, sobre todo el apoyo del Ministerio de Ciencia y Tecnología, ha permitido que empresas que en 1996 estaban a punto de cerrarse, porque ni siquiera eran susceptibles de privatización sean ahora empresas competitivas, con capacidad tecnológica y que por tanto son capaces de competir perfectamente en el ámbito internacional.

El programa, en lo que se refiere al mercado nacional, es esencialmente un monopsonio, es decir un mercado con cliente único, por lo que el crecimiento de la demanda, tanto en su vertiente interior como exterior, se basa exclusivamente en el incremento de los gastos de adquisición de los respectivos Ministerios de Defensa. Desde el punto de vista interior, el crecimiento del sector podrá llegar tanto por el crecimiento de las inversiones en material como por el incremento de cuota de mercado de la industria española respecto a los actuales suministros extranjeros. El crecimiento de la demanda exterior será función de la capacidad de actualizar tecnológicamente los productos de nuestra industria, en la tendencia existente de sustituir cantidad por calidad, es decir, la obtención de sistemas de armas más precisos y eficaces que requerirán de tecnologías cada vez más sofisticadas. En el segmento de armamento convencional los países con mano de obra más barata que la nuestra incrementarán su cuota de mercado, por lo que resulta inevitable contar con la incorporación de nuevas tecnologías a los sistemas de origen español. Bajo cualquiera de las hipótesis anteriores, y teniendo en cuenta la recuperación del mercado de exportaciones experimentada en los últimos años, el factor clave del crecimiento será su componente tecnológica.

Por otro lado, el sector de defensa es un sector estratégico, como reconoce el propio tratado de la Unión, y por tanto precisa del apoyo gubernamental para su mantenimiento. Algunas actuaciones del programa a favor de la industria española de defensa son: las inversiones en armamento y material, y más concretamente en actividades de I+D, que contribuyen al fortalecimiento de la Base Industrial y Tecnológica de Defensa y a mejorar su competitividad; el apoyo a acuerdos y programas internacionales que facilita su presencia exterior; y la priorización de las inversiones de I+D en áreas que sean de interés para defensa que apoyan la especialización de nuestra industria en nichos tecnológicos donde tenga posibilidades reales de mejorar y competir.

2.3 Criterios de interés público

Para las nuevas misiones encomendadas a las Fuerzas Armadas consecuencia de la situación estratégica actual es imprescindible aumentar nuestro nivel tecnológico de forma coordinada con nuestros aliados. Por lo tanto, la investigación y desarrollo de defensa contribuye de manera muy importante a la Defensa Nacional. Esta contribución, tanto a la Política de Defensa española como al segundo pilar de la construcción europea: la Política de Seguridad y Defensa, es la forma en la que el programa participa en el Principio General del Plan Nacional de estar al servicio del ciudadano y de la mejora del bienestar social.

El interés público de la investigación de defensa es compartido por los países de nuestro entorno. Comparativamente con los países europeos España ocupa un modesto puesto en los gastos en I+D militar –aproximadamente un 2% de los que dedican el resto de países europeos pertenecientes a la OTAN–, teniendo en cuenta que la totalidad de los países europeos gastan una cuarta parte de los que dedica Estados Unidos.

La reducción de las consecuencias negativas de los conflictos es otra forma de contribución al bienestar social de la investigación tecnológica en defensa. Por ejemplo: las técnicas de simulación permiten reducir el número de maniobras y ejercicios en ambiente real, reproduciendo los ejercicios en entornos virtuales que minimizan el impacto ambiental y reducen los costes de formación; en las misiones humanitarias y de cooperación con las autoridades civiles, la tecnología contribuye con sistemas para el desminado de terrenos o puertos, las armas no letales o la protección del combatiente; la superioridad tecnológica contribuye al mantenimiento de la paz mediante la disuasión; cuando es inevitable su uso, las armas “inteligentes”, las comunicaciones y los sistemas de mando y control, etc. permiten disminuir el número de bajas como se ha podido comprobar en los recientes conflictos.

3 Estructura y objetivos del programa nacional

Este Programa Nacional de Defensa se ejecuta a través de prioridades temáticas, que se derivan de la priorización tecnológica efectuada en el PDID. El PDID trata sobre tecnologías, que son las que hacen posibles posteriores desarrollos. Una primera preocupación en la elaboración del PDID fue la de conseguir una taxonomía que incluyese todas aquellas tecnologías que tuviesen interés para Defensa. Se adoptó, con alguna modificación, la que España había aceptado previamente en el seno del Grupo de Armamento de la Europa Occidental (GAEO), que comprende un total de 27 áreas tecnológicas con más de 200 tecnologías. De las áreas mencionadas,

- 16 se consideran “orientadas a sistemas (de armas)” porque son las que de una manera directa permiten su desarrollo.
- las 11 restantes se califican de “subyacentes” o “capacitadoras” porque sirven de base a las anteriores.

Dado el elevado número de tecnologías potencialmente útiles para Defensa, uno de los principios de política de I+D que establece el PDID es la concentración de recursos en un número limitado de aquellas. Las que, tras los análisis realizados, se han considerado más prometedoras a medio plazo son las siguientes:

- Las áreas relacionadas con la información (tecnologías CIS y de comunicaciones; sistemas de guiado, presentación, proceso y control; sensores y técnicas de simulación y entrenamiento).
- El diseño de plataformas (y, en alguna medida, su propulsión) y el de armas.
- Las tecnologías asociadas al combatiente.

Por otra parte, el PDID reconoce la importancia que pueden adquirir, ya a medio plazo, las biotecnologías, las micro y nanotecnologías, y las tecnologías para armas no letales, aunque no se entra a analizarlas por tratarse de tecnologías cuyo interés para nuestras Fuerzas Armadas es todavía limitado y por ser aún poco conocidas en el entorno industrial de Defensa. Se reconoce, además, la posibilidad de que aparezcan tecnologías emergentes de utilidad para el Departamento, y, en consecuencia, la necesidad de establecer un sistema de observación tecnológica que, entre otros, tenga por cometido el vigilar su aparición.

Dentro del ámbito del fomento nacional de la I+D+I, el Ministerio de Defensa ha venido participando en el programa COINCIDENTE (Cooperación en Investigación Científica y Desarrollo Nacional Tecnológico), que tiene como objeto coordinar los programas de I+D del Departamento con el Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica.

Las aportaciones que el Ministerio de Ciencia y Tecnología hace al componente tecnológico de programas de Defensa, han sido, y seguirán siendo, un instrumento enormemente válido para la industria española y para su implantación. Esta colaboración permite acometer programas de gran interés tecnológico y operativo que exclusivamente con los recursos de Defensa no se habrían podido llevar a cabo, tales como el avión de combate EF-2000 Eurofighter, la fragata F-100 o el carro Leopardo.

Las prioridades temáticas que a continuación se detallan incluyen actividades de I+D en el campo de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones, plataformas y armas, incluidas su propulsión, las tecnologías necesarias para el apoyo al combatiente, la detección, la observación y la perturbación de sistemas electrónicos y las tecnologías para integrar los distintos subsistemas.

3.1 Sistemas de guiado, presentación, proceso y control

Este área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para situar las plataformas y sistemas en el lugar requerido para el cumplimiento de su misión, así como para procesar la información y que los sistemas interactuen con el usuario.

3.2 Simuladores, entrenadores y entornos sintéticos

Esta área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para simular en un "entorno sintético" el campo de batalla con el fin de mejorar la formación de los componentes de las fuerzas armadas y mejorar la toma de decisión tanto en las adquisiciones como en la propia gestión de la batalla.

3.3 Sistemas de Información y Comunicaciones (CIS)

Esta área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para diseñar sistemas CIS integrados, normalizados y seguros, y para proporcionar a estos sistemas herramientas digitales de apoyo.

3.4 Comunicaciones

Este área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para comunicar información de diversas naturaleza mediante todo tipo de medios, con la adecuada confidencialidad.

3.5 Tecnologías de la munición

Esta área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para provocar daños directos al enemigo mediante efectos cinéticos.

3.6 Propulsión

Esta área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para proporcionar el movimiento cinético requerido por las plataformas y armas propias para realizar su misión.

3.7 Generación de energía y combustibles

Esta área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para generar la energía requerida por las plataformas y armas propias para el cumplimiento de su misión.

3.8 Plataformas

Esta área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para realizar el diseño de plataformas capaces de realizar la misión encomendada, excluyendo los aspectos de reducción de firma.

3.9 Protección de plataformas

Este área tecnológica comprende las tecnologías conducentes a la supresión o minimización del daño infligido a una plataforma por una amenaza exterior. Es decir, desde la detección y calibración de la amenaza hasta la protección activa y pasiva de la plataforma, incluyendo procedimientos para la distracción o la destrucción de la amenaza y métodos fiables para asegurar la toma de decisiones sobre la capacidad operativa de la plataforma tras haber sufrido un impacto.

3.10 Armas

Esta área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para realizar el diseño de armas capaces de realizar la misión encomendada, excluyendo los aspectos de reducción de firma.

3.11 Tecnologías del combatiente

Esta área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para proteger al combatiente de las agresiones cinéticas, electromagnéticas, químicas, biológicas y ambientales, además de para vigilar y mejorar la salud física y psíquica del mismo, mediante la integración de tecnologías muy diversas, con fuertes restricciones (peso, movilidad, ergonomía etc.), que permitan que el combatiente se considere como un sistema soldado, conjunto optimizado del individuo y todo aquello que utiliza, transporta y consume durante su actuación en un ambiente táctico.

3.12 Técnicas y herramientas de diseño, ensayos, experimentación y fabricación

Esta área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para diseñar de manera avanzada y eficiente, para realizar ensayos y medidas y para producir los sistemas de manera automatizada y precisa.

3.13 Técnicas de infraestructura y medio ambiente

Esta área tecnológica comprende las tecnologías relativas al establecimiento y reparación de infraestructuras, así como para la protección y control del medio ambiente.

3.14 Guerra electrónica y armas de energía dirigida

Esta área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para detectar e interferir los sistemas electrónicos del enemigo, y para la protección frente a sus posibles interferencias. Además

incluye las tecnologías para la generación de daño a los sistemas enemigos por proyección de energía electromagnética.

3.15 Sistemas de sensores, control y reducción de firmas

Esta área tecnológica comprende las tecnologías necesarias para el desarrollo de sensores electromagnéticos (en distintas bandas), electroacústicos, mecánicos, químicos, biológicos. También se incluyen las tecnologías para el control y reducción de la firma propia para toda esta gama de sensores y de manera estructural activa y pasiva.

3.16 Integración de sistemas

Este prioridad temática comprende las tecnologías necesarias para integrar los distintos subsistemas de manera fiable, mantenible, reparable, interoperable y segura. Además incluye las tecnologías para la vigilancia y automatización de sistemas.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

Los Centros de Investigación relacionados con el sector de defensa son los siguientes: Centro de Ensayos "Torregorda", Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada, Fábrica Nacional "La Marañosa", Laboratorio Químico Central de Armamento, Polígono de Experiencias de "Carabanchel" y Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería. Dichos centros, desarrollan sus actividades principalmente en las áreas de metrología, materiales estructurales, mecánica de precisión, óptica y optrónica, electrónica, direcciones de tiro, simulación, defensa NBQ, explosivos, cohetes y misiles, armamento y munición de todos los calibres y balística.

En relación con estos Centros de Investigación, la directiva 168/2001, de 30 de julio, del Secretario de Estado de Defensa sobre Racionalización de Centros Tecnológicos de la DGAM, contempla la creación de un único Centro de tecnología, designado "Instituto Tecnológico La Marañosa" (ITM) en el término municipal madrileño de S. Martín de la Vega, que concentre los medios humanos y materiales de los anteriores centros de tecnología, excepto el Centro de Ensayos de "Torregorda" situado en Cádiz.

Las funciones asignadas al Instituto Tecnológico "La Marañosa" son:

- I. **Asesoría Técnica.**- Asesorar técnicamente al Ministerio de Defensa y a sus distintos componentes en temas de armamento, material y equipo, con arreglo a sus capacidades.
- II. **Experimentación.**- Realizar evaluaciones, ensayos y pruebas del armamento, material y equipo de las Fuerzas Armadas.
- III. **Observación Tecnológica.**- Participar en el sistema de observación tecnológica del Ministerio de Defensa.
- IV. **Investigación y Desarrollo.**- Dirigir técnicamente los proyectos de investigación y desarrollo que se le asignen, y asumir la ejecución, total o parcial, de los que expresamente se le encomienden.
- V. **Metrología y Calibración.**- Realizar las actividades de metrología y calibración que le correspondan.
- VI. **Consultoría.**- Apoyar técnicamente, cuando se le ordene y en las condiciones que se establezcan, a los restantes Ministerios y a otras organizaciones públicas o privadas (en particular, a las empresas españolas de defensa).

El uso de los centros de tecnología en el entorno de Defensa está condicionado por el deseo de los países del Grupo de Armamento de la Europa Occidental (GAEO) de compartir sus instalaciones de ensayo, por lo que el Sub Group Test Facilities (SGTF) dependiente del Panel II del GAEO, ha elaborado una Base de Datos Europea de Instalaciones de Ensayo.

Sistema de Observación Tecnológica de la Defensa

Según el PDID y más recientemente la Revisión Estratégica de Defensa (RED), para el Ministerio de Defensa existen, entre otros objetivos, los siguientes:

- La apertura de las Fuerzas Armadas a la Sociedad, no solo encomendada a la participación en misiones de paz o de ayuda frente a catástrofes atmosféricas o medioambientales, sino también dando a conocer sus inquietudes en todo lo que se refiere a la investigación y la tecnología.
- El aprovechamiento de las tecnologías duales con corriente de información en los dos sentidos, de lo civil hacia lo militar y de lo militar hacia lo civil.
- La ampliación del horizonte temporal del planeamiento para estudiar las necesidades de las FAS a largo plazo con objeto de que sirva de orientación sobre el empleo de los recursos disponibles, guía para las inversiones de I+D y al mismo tiempo permitir a la industria prepararse para acometer los futuros programas.

Para alcanzar los objetivos anteriores, se considera imprescindible la puesta en marcha del Sistema de Observación Tecnológica de la Defensa como medio para hacer prospectiva y como elementos que nos ayudarán a definir el planeamiento de I+D a largo y medio plazo, sistematizar la vigilancia tecnológica y apoyar en temas tecnológicos al Ministerio, de forma que éste se comporte como un "cliente inteligente".

Los Observatorios Tecnológicos de Defensa pretenden contar con la colaboración de la Universidad, la Industria, los centros de investigación, etc. y estarán constituidos por una red de colaboradores expertos en cada tecnología que serán los encargados de efectuar las previsiones tecnológicas a largo plazo (15 o 20 años).

5. Actuaciones horizontales asociadas al programa nacional

5.1 Recursos humanos

La contribución del Programa al mantenimiento y creación de puestos de trabajo es elevada. En la industria de Defensa, como se ha comentado anteriormente, existen 15.000 puestos directos y más de 20.000 indirectos, de los que obviamente solo una pequeña parte se puede considerar que están relacionados con actividades de I+D.

En los centros de tecnología de Defensa, en los que se incluyen los 6 centros citados anteriormente y los dos Organismos Autónomos INTA y CEHIPAR, trabajan 2500 personas de los que una parte importante se dedica a actividades de I+D.

En el futuro Instituto Tecnológico "La Marañososa" (ITM), se pretende transformar la plantilla actual de los centros sustituyendo paulatinamente personal no especializado por personal investigador con la formación adecuada.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

Las actividades de I+D de Defensa tienen por finalidad contribuir a dotar a las Fuerzas Armadas españolas de sistemas de armas y equipos con el nivel tecnológico y las características de todo orden más adecuadas para sus futuras misiones, y ayudar a preservar y fomentar la base industrial y tecnológica española de Defensa.

Además de la finalidad de la I+D expresada en el PDID, el mercado de Defensa tiene un carácter estratégico, como reconoce el propio tratado de la Unión, en el que los gobiernos no pueden quedar al margen. Por ello el Ministerio de Defensa apoya a la Base Industrial y Tecnológica Española de Defensa para su especialización en nichos tecnológicos determinados y en el proceso de reestructuración de la industria europea de Defensa mediante su participación en iniciativas gubernamentales como el Acuerdo Marco para la Reestructuración de la Industria Europea de Defensa (FA/LOI) y la Organización Conjunta de Cooperación en materia de Armamentos (OCCAR).

5.3 Cooperación internacional

La cooperación internacional es una línea de actuación prioritaria en el Programa Nacional de Defensa, condicionada por las exigencias de nuestros compromisos internacionales en materia de defensa, la pretensión de conseguir la máxima interoperabilidad con nuestros aliados, el interés por avanzar hacia una política de armamento común europea incluyendo la creación de un organismo gestor (futura Agencia Europea de Armamento), el deseo de los países y de las propias industrias de avanzar en su reestructuración hacia una industria europea de defensa, etc.

Esto ha tenido como consecuencia desde hace unos años el desarrollo de importantes programas de cooperación en base a acuerdos entre varias naciones, como el caso emblemático del Eurofigther y más recientemente el METEOR, que consiste en el desarrollo, producción y apoyo logístico de un misil logístico avanzado aire-aire de alcance medio para equipar al avión EF-2000; el ETAP (European Technology Acquisition Programme) cuyo objeto es desarrollar tecnologías de aviones de combate. En este programa participan los países componentes del Consorcio EF-2000 (España, Alemania, Italia y Reino Unido), más Francia y Suecia; y el programa SOSTAR-X que consiste en un demostrador (radar a escala reducida) del sistema avanzado de vigilancia del terreno basado en la tecnología radar de antena "array" activa SOSTAR.

Además de los acuerdos marco como los suscritos en la FA/LOI o en el Grupo de Armamento de Europa Occidental (GAEO), existen otros acuerdos que permiten el desarrollo de programas como el Memorandum of Understanding EUCLID (European Cooperation Long-term In Defence), bajo el que se desarrollan programas de Investigación y Tecnología promovidos por los países del GAEO con el objetivo de fortalecer la cooperación industrial, tecnológica y científica en el Sector Europeo de Defensa

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

A pesar de la confidencialidad propia de muchas de las actividades de I+D de Defensa, es un objetivo del Ministerio de Defensa la apertura de las Fuerzas Armadas a la sociedad. La puesta en marcha de los Observatorios Tecnológicos de Defensa que pretenden contar con la colaboración de la Universidad, la Industria, los centros de investigación, etc. podrán actuar como un instrumento que facilite la comunicación entre Defensa y la sociedad, especialmente la científica.

Por otro lado el aprovechamiento mutuo de las tecnologías duales generará corrientes de información en los dos sentidos, de lo civil hacia lo militar y de lo militar hacia lo civil.

6 Relación con otros programas nacionales

El Programa Nacional de Defensa tiene relación con el Programa Nacional de Seguridad, con el Programa Nacional de Espacio a través del INTA y, con el Programa Nacional de Medios de transporte, Subprograma Nacional de transporte aéreo.

Área de Tecnologías de la Sociedad de la Información

Programa Nacional de Tecnología electrónica y de comunicaciones

1 Ámbito del programa nacional

El Programa Nacional de Tecnología Electrónica y de Comunicaciones (TEC) tiene por objeto el fomento de la investigación, básica y aplicada, el desarrollo y la innovación tecnológica en las áreas de las Comunicaciones, Telemática, y Electrónica. Cada vez más estas tecnologías se configuran como horizontales y, en mayor o menor medida, penetran en todos los ámbitos científicos, productivos y en la calidad de vida del ciudadano. Por ello, el objetivo general de este programa es tanto la generación de conocimientos científicos y técnicos, como el desarrollo de innovaciones tecnológicas que faciliten la utilización de las TEC en nuestra sociedad y que contribuyan a mejorar la eficiencia y competitividad de nuestro tejido social y productivo.

Las TEC, siempre en proceso de rápida transformación para tratar de responder de manera satisfactoria a las necesidades de progreso de la sociedad, constituyen un área de especialidad científico-tecnológica de gran interés, por su gran impacto socioeconómico y por su carácter horizontal. La industria asociada a las TEC tiene un peso cada vez mayor en nuestra economía y está evolucionando hacia el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas que mejoren la movilidad y el acceso a la información por parte de los ciudadanos, como base para una mayor calidad de vida.

Los temas y disciplinas propuestos dentro del programa pretenden cubrir un amplio espectro del conocimiento dentro del campo de las nuevas tecnologías en el que se considera que es relevante que industrias, centros tecnológicos y de investigación, así como universidades de nuestro país realicen labores de I+D+I, para asegurar e incrementar su competitividad tanto a nivel nacional como internacional. El programa se divide en un primer campo temático para los sistemas de telecomunicaciones y telemática y otro dedicado a los sistemas electrónicos.

En el primero de estos campos se cubren los temas de radiocomunicaciones y antenas, procesado de la señal, comunicaciones móviles y por satélite, comunicaciones ópticas y redes de banda ancha y las aplicaciones telemáticas y audiovisuales. En el segundo campo se abordan temáticas que tienen por objetivo la integración de sistemas electrónicos avanzados, por lo que se potencian actividades que van desde el desarrollo de nuevos semiconductores, componentes y dispositivos, circuitos y subsistemas electrónicos y ópticos de altas prestaciones, hasta los sistemas electrónicos complejos. Se destacan también las técnicas y tecnologías transversales que son de interés general para los distintos temas. Asimismo, se identifican campos prioritarios de aplicación en los que la integración de sistemas es más relevante para la industria de nuestro país. Se hace énfasis tanto en los productos de consumo como en equipos profesionales y de instrumentación.

En los ámbitos mencionados, el programa plantea actuaciones que promueven desde la investigación científica de calidad, pasando por el desarrollo precompetitivo hasta la innovación tecnológica. Para

ello, el programa estructura acciones adicionales encaminadas a asegurar la existencia de los recursos humanos, así como de las instalaciones e infraestructuras adecuadas para la consecución de los resultados. El programa también contempla acciones específicas para fomentar la competitividad empresarial, mejorar la gestión de la I+D+I así como otras actividades de difusión de los resultados de la investigación. Las líneas priorizadas en el programa deberán facilitar la participación de empresas, universidades y centros públicos de investigación en los distintos foros Europeos, especialmente EUREKA (www.eureka.be) y el Sexto Programa Marco (www.cordis.lu/fp6) de la Comunidad Europea (VI-PM) como formas de cooperación internacional de alto valor estratégico a través de los nuevos instrumentos de participación (principalmente proyectos "cluster", proyectos integrados y redes de excelencia).

2 Justificación de la priorización del programa

El Programa Nacional TEC aparece por primera vez en este Plan Nacional de I+D+I, como un programa diferenciado dentro del área de las Tecnologías de la Sociedad de la Información. La Electrónica y las Telecomunicaciones son herramientas de gran importancia como tecnologías de base para múltiples aplicaciones, muchas de ellas cubiertas en distintos programas nacionales y áreas estratégicas también priorizadas, que tienen por objetivo el desarrollo de una nueva economía basada en el conocimiento y el crecimiento sostenible. Para ello es necesario disponer de nuevas plataformas tecnológicas adecuadas para resolver los nuevos problemas y necesidades de nuestra sociedad. Por otra parte, el Programa Nacional TIC del anterior Plan Nacional, en el que se incluían además las Tecnologías Informáticas, adolecía de problemas de gestión debido tanto a su alto número de proyectos, con incrementos anuales en el último Plan Nacional de I+D+I cercanos al 10% , como al amplio espectro de su temática.

El programa identifica varios retos que enmarcan un conjunto de prioridades científico tecnológicas que son básicas para enfrentarnos a los requerimientos de la sociedad del futuro:

- Mayor movilidad en las comunicaciones.
- Mayor ancho de banda y optimización de su gestión.
- Mayor funcionalidad de los subconjuntos y sistemas electrónicos.
- Mayor integración y miniaturización a menor coste.

Siguiendo estos objetivos generales, en el campo de las Comunicaciones el programa debe apoyar el desarrollo de tecnologías que no sólo permitan incrementar el ancho de banda de las redes de telecomunicación, sino también el acceso a las redes y a la información que por ellas se transporta y la seguridad de la información que por ellas circula. Asimismo en el campo de la Electrónica se debe promover el desarrollo de nuevos semiconductores, dispositivos electrónicos y ópticos, circuitos, sistemas y tecnologías que permitan mejorar las prestaciones y el valor añadido de los productos desarrollados por la industria española con el objetivo de aumentar su competitividad.

El programa propone actividades de I+D+I estructuradas de forma que se generen soluciones tecnológicas de interés industrial, así como también investigación a medio y largo plazo de alto nivel científico y con clara oportunidad de transferencia tecnológica futura. Se considera que la colaboración entre los distintos agentes del Sistema de CTE es primordial para conseguir los resultados deseados. Dicha colaboración se deberá plasmar en proyectos de I+D+I, en acciones complementarias de carácter horizontal así como en un número limitado de Acciones Estratégicas en campos en los que sea necesario dar un mayor énfasis por su interés o prioridad para nuestro país.

La justificación del Programa Nacional en Tecnologías Electrónica y de Comunicaciones se basa en los criterios que se comentan a continuación:

2.1 Criterios científicos

La rapidez con que se producen los cambios en la Sociedad de la Información provoca la necesidad de generar nuevo conocimiento también rápidamente. Por ello, las Tecnologías Electrónicas y de las Comunicaciones son áreas ideales en las que desarrollar una actividad científica de interés estratégico para un país desarrollado. El sistema científico español ha demostrado en los últimos años que está perfectamente preparado para afrontar estos retos. Los resultados obtenidos por los centros públicos de investigación españoles en cuanto a nivel de publicaciones en los últimos años, así como el nivel de participación y de retornos conseguidos por Centros Públicos de Investigación en los Programas de Investigación de la Comisión Europea lo hacen patente. La disponibilidad de algunas infraestructuras de alto nivel ha permitido que se hayan creado grupos consolidados de investigación en el campo de las TEC, capaces de conseguir dichos retornos.

Así, se considera importante que el programa promueva actuaciones tendentes a asegurar que las actividades científicas y de cooperación internacional actuales no sólo se mantengan sino que se incrementen en el futuro. El apoyo del Programa Nacional es especialmente importante para enfrentarse con garantías a los nuevos objetivos y retos del 6º Programa Marco (VI PM) de la Comisión Europea. La importancia del programa IST de la Comunidad Europea se refleja en su presupuesto de 3.625 MEuros para el período 2003-2006 (aproximadamente un tercio del total del primer programa de trabajo de IST en el VI PM).

Dentro de IST las Tecnologías Electrónicas y de Comunicaciones tienen una gran relevancia, con temas prioritarios claramente identificados en el plan de trabajo. Dichos temas están apoyados en la propuesta de este programa que no sólo cubre aspectos relacionados con la Prioridad 2 del VI PM sino también con la Prioridad 3 en Nanotecnologías, en particular aquellas orientadas a materiales electrónicos y ópticos. Asimismo, el Programa Nacional TEC, como programa horizontal tiene incidencia en la mayoría de aplicaciones de las otras prioridades del Programa Marco (Ciencias de la vida, Aeronáutica, Alimentación, Energía, Transporte,....)

Finalmente, el Programa Nacional debe asegurar las herramientas necesarias que sirvan no sólo a los grupos de investigación españoles de alto nivel. Sino también para dirigir y orientar a nuevos grupos de investigación, centros tecnológicos y pequeñas y medianas empresas hacia temas y sectores que se consideran prioritarios.

2.2 Criterios tecnológicos

La disponibilidad de sistemas de comunicaciones con mayor movilidad y ancho de banda, así como de sistemas electrónicos avanzados provoca la dinamización de la innovación de múltiples productos industriales en distintos sectores de la economía española y europea. En la actualidad existen en nuestro país diversos grupos de investigación y centros tecnológicos públicos y privados que disponen de infraestructuras y experiencia importantes que permiten el desarrollo de nuevas tecnologías, componentes y sistemas. Su potencialidad de aplicación es alta en la mayoría de los casos y, por ello, para la transferencia tecnológica efectiva es importante que existan mecanismos de colaboración Universidad-Empresa eficientes. Los centros tecnológicos con investigación aplicada deben tener una función de promoción de dicha colaboración, que en muchos casos facilita el acceso de las industrias españolas a programas de investigación industrial internacionales.

Así, durante la última década la industria española ha tenido una participación creciente y relevante en los proyectos de investigación industrial priorizados por el Programa EUREKA ("clusters" en microelectrónica, software, microsistemas y encapsulado electrónico MEDEA (www.medeo.org), ITEA (www.itea-office.org), PIDEA (www.pidea.com.fr) y EURIMUS (www.eurimus.org). Se considera que en el

futuro esta participación se podrá incrementar también en los nuevos programas ("cluster" CELTIC (www.celtic-initiative.org) en tecnologías de comunicaciones,...) recientemente propuestos en el área de las TEC. Los distintos agentes españoles han sido también activos en distintos programas de la Agencia Espacial Europea (ESA) en el campo de las TEC, en ámbitos no puramente científicos sino también tecnológicos y, por ello, se considera que esta posición debe mantenerse e incrementarse con el apoyo del Programa Nacional.

2.3 Criterios económicos y sectoriales

Es bien conocido que la electrónica y las comunicaciones juegan un papel primordial en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) que a su vez son un importante catalizador de la economía y la sociedad. Todos los datos internacionales concluyen que hay una relación directa entre la inversión de un país en TIC y la riqueza que generan. En particular, la Comisión Europea publica periódicamente un estudio sobre la innovación en sus países miembros. El informe del año 2002, "2002 European Innovation Scoreboard: Indicators and Definitions" recoge una serie de indicadores (gasto público en I+D, el gasto TIC como porcentaje del PIB, el ratio de acceso a Internet en los hogares europeos, etc.) que permiten elaborar una comparación de la innovación en Europa. Los resultados más significativos en este contexto son los siguientes:

- Los países nórdicos, Suecia, Finlandia y Dinamarca, ocupan los primeros lugares del ranking en Europa, ya que destinan una mayor porcentaje de recursos a este fin, junto con el Reino Unido y Holanda.
- Dentro de los países de la Unión Europea, España ocupa posiciones muy atrasadas.
- El diferencial entre los países mediterráneos y los países del norte de Europa es bastante significativo.

Hay otros datos que avalan la importancia del sector como motor de la economía: en EE.UU, las TIC suponen un 8,2% del PIB con un gasto per cápita en TIC de 2.822 euros, en Japón un 9% y 2.231€ y en el Reino Unido estas cifras son 8,6% y 2.212. Sin embargo, en España el porcentaje del PIB se sitúa en torno al 4,4%, que cuando nos referimos a la electrónica y las comunicaciones se puede estimar entre el 2 y el 2,5%. El gasto en TIC per cápita no alcanzaba los 1.000 euros en 2001. Las dos cifras son inferiores a la media europea, como lo son en el caso del mercado de las telecomunicaciones sobre el PIB.

El sector español de electrónica y telecomunicaciones, definido éste como aquellas actividades de investigación, desarrollo, fabricación, integración, instalación, comercialización y mantenimiento de componentes, subconjuntos, productos y sistemas físicos y lógicos, fundamentados en la tecnología electrónica, así como la explotación de servicios basados en dichas tecnologías, la producción y difusión de contenidos soportados electrónicamente y las aplicaciones de Internet, alcanzó según datos de ANIEL (www.aniel.es) en 2002, en términos de mercado, una dimensión de 71.153 millones de Euros. Esta cifra ha supuesto un incremento del 2,5 por ciento respecto del ejercicio 2001, lo que confirma la tendencia iniciada en el ejercicio anterior cuando se produjo un punto de inflexión en el crecimiento experimentado en años precedentes.

El mercado de la industria de equipos y componentes electrónicos, que incluye la electrónica de consumo, los componentes electrónicos, la electrónica profesional y los equipos de telecomunicaciones, se redujo un 15 %, hasta 10.408 millones de euros. De todos, el descenso más significativo ha vuelto a ser el de la producción de equipos de telecomunicación, que bajó un 30 % en relación con el ejercicio anterior.

Estos datos demuestran la importancia del sector, pero asimismo la necesidad de dotar a la industria española de los mecanismos necesarios para asegurar su supervivencia futura durante los períodos de recesión como el de principios de esta década.

Desde otra perspectiva, por segundo año consecutivo, en 2002 descendieron tanto la importación como la exportación. Pero, frente al retroceso del 4 % del ejercicio 2001, el pasado año la importación cayó un 14 % (10.677 millones de euros) y la exportación un 15 % (3.967 millones de euros). Siendo un sector estratégico de futuro son necesarias medidas para mejorar la situación de nuestra balanza comercial. En este sentido, parece idóneo dedicar por parte de la industria española recursos a la I+D que favorezcan las exportaciones, minimizando la dependencia exterior. El esfuerzo de la industria electrónica y de telecomunicaciones en I+D creció un 11% en 2002 con respecto al año anterior y se situó en 1.181 millones de euros, motivado en su mayor parte por el esfuerzo inversor de los operadores de móviles en la tercera generación, y se prevé que aún puede crecer más.

Con todo, se estima que hay cabida y necesidad para la creación de nuevas empresas innovadoras y la mejora de la ya existentes con una gestión de programas de I+D que impulse la participación de las empresas. La globalización de la economía mundial ofrece multitud de oportunidades aunque obviamente no está exenta de riesgos adicionales. Uno de los factores de éxito estará en la búsqueda de nuevos desarrollos de servicios y aplicaciones con el consiguiente esfuerzo de I+D, que debe ser competitivo a escala global.

El nuevo modelo del sector que va a definir la transposición de las directivas comunitarias y en particular la nueva Ley General de Telecomunicaciones y la futura Ley del Audiovisual deberían permitir recuperar la confianza en el sector.

2.4 Criterios de interés público

El desarrollo de las TEC es uno de los pilares de la Sociedad de la Información que servirá para dotar al ciudadano de nuevas oportunidades, con una Administración más cercana y una mejora en su salud, educación y calidad de vida, además de obtener un crecimiento económico sostenible.

También es de destacar la importancia de las TEC en la generación de empleos de alto valor añadido. En el 2002 el sector daba empleo directo a más de 130.000 personas, si bien en 2002, el empleo directo de la industria electrónica y de las telecomunicaciones se redujo un 5%, fundamentalmente a causa de los recortes en el área de telecomunicaciones. A estos datos hay que añadir la significación del sector en la creación y mantenimiento del empleo directo e indirecto.

3 Estructura y objetivos del programa

La implementación del Programa Nacional se basa en la ejecución de actividades de I+D+I tanto de ámbito científico como industrial en un conjunto de temas priorizados en función de la excelencia científica de los grupos de investigación, de la importancia de las temáticas tanto a nivel nacional como internacional y de la oportunidad a nivel industrial en nuestro país. Asimismo, el programa propone la puesta en marcha de acciones estratégicas en campos concretos en los que se considera necesario hacer un esfuerzo especial.

3.1 Estructura

En los siguientes apartados se detallan las prioridades temáticas en los campos de la electrónica y las comunicaciones. Dentro del programa, ambos campos se consideran de suficiente envergadura para implementarse como dos subprogramas nacionales, uno para el campo de la Electrónica y otro para el de las Comunicaciones.

Si bien existen importantes puntos de contacto entre los dos campos, que redundan en la utilización de soluciones combinadas en múltiples aplicaciones, existen también características diferenciales que son importantes. En este sentido, la Electrónica tiene un carácter muy horizontal y no sólo aporta soluciones al campo de las Comunicaciones sino a otros campos también horizontales, como el hardware de ordenadores, así como a campos multidisciplinares que están emergiendo con fuerza (bioingeniería, tecnología medioambiental, seguridad alimentaria, etc.). Por ello, el tipo de proyectos tanto de investigación como de desarrollo tecnológico que se realizan en ambos dominios suelen mostrar claras diferencias en su forma de ejecución y en sus costes.

La estructura del programa es:

- Subprograma Nacional de Tecnologías de Comunicaciones.
- Subprograma Nacional de Electrónica.
- Acción Estratégica en Televisión y Radio Digital .
- Acción Estratégica en "Seguridad y confianza en los sistemas de información, las comunicaciones y los servicios de la sociedad de la información", que se establece de forma conjunta para los tres programas del área de Tecnologías de la Sociedad de la Información.
- Acción Estratégica de "e-Ciencia", que implica a otros programas nacionales como son Biotecnología y Tecnología Informáticas.
- Acción Estratégica de Nanociencia y nanotecnología, que implica también a los Programas Nacionales de Materiales, Diseño y Producción Industrial y Física y se desarrolla de forma común a todos ellos.

3.2 Objetivos del Programa

Los objetivos científico tecnológicos y las prioridades temáticas dentro del Subprograma Nacional de las Comunicaciones se apoyan en las dos ideas básicas e importantes para el futuro desarrollo del sector en nuestro país: el aumento de la movilidad en las comunicaciones y un mayor ancho de banda, optimizando su gestión.

Tal como se ha observado en los últimos años, en la próxima década, aparecerán nuevos desafíos impuestos por la expansión de las comunicaciones móviles en todos los ámbitos de nuestras vidas. El incremento espectacular de usuarios de comunicaciones móviles, así como la aparición de nuevos servicios requerirá, por tanto, la investigación y desarrollo en nuevas soluciones tecnológicas que permitan esta expansión. Hará falta realizar labores de I+D+I para conseguir un aumento del grado de conectividad global personal, una mayor accesibilidad a las comunicaciones mediante el desarrollo de sistemas de mayor cobertura, precisión y fiabilidad en las aplicaciones de navegación, localización y detección. A nivel europeo, existe una preocupación especial de hacer accesible el ancho de banda a todo el mundo, especialmente en las regiones menos desarrolladas. Por ello, temas tales como la reducción de costes de acceso a las redes a través del desarrollo de sistemas de gestión de acceso más eficientes, serán tenidos en cuenta en el presente Programa Nacional.

Por otro lado, la aparición de nuevos servicios multimedia requerirá el desarrollo de plataformas y tecnologías que aporten el máximo ancho de banda para las comunicaciones y gestionado de la forma más óptima posible. La infraestructura actual deberá crecer en funcionalidad, transparencia y flexibilidad para gestionar eficazmente demandas de flujos de información cada vez mayores en las redes de acceso y de transporte. Se deberán buscar soluciones tanto en forma de redes ópticas y de cable, así como de comunicaciones inalámbricas y previsiblemente hará falta el desarrollo de nuevas tecnologías y dispositivos actualmente no existentes.

Igualmente para el Subprograma Nacional de Tecnologías Electrónicas, se han identificado dos objetivos prioritarios: Mayor funcionalidad de los subconjuntos y sistemas electrónicos y una mayor integración y miniaturización a menor coste.

Cada vez es más patente la introducción de dispositivos y circuitos electrónicos integrados o empujados en elementos cotidianos. Ello es posible gracias a la mejora de la funcionalidad de los sistemas electrónicos. Dicha mejora, entendida como la incorporación de nuevas prestaciones y características técnicas de los circuitos y sistemas electrónicos, puede aumentar de varias formas: gracias a la disponibilidad de tecnologías más avanzadas, que permiten una mayor integración de dispositivos en un mismo sistema; gracias a la disponibilidad de nuevas herramientas de diseño que permitan la manipulación de más información de forma segura; y también gracias a la disponibilidad de nuevos materiales electrónicos y dispositivos con nuevas características, que permiten integrar por ejemplo dispositivos sensores de parámetros físicos, químicos o biológicos que antes no era posible medir.

Posiblemente, en el futuro cada vez más el aumento de la funcionalidad se deberá a la reducción del coste por operación, con lo que será viable implementar sistemas más complejos y a su vez más fiables puesto que permitirán incorporar redundancia y técnicas de autotest. Estos sistemas presumiblemente serán necesarios para proporcionar soluciones que tengan por objetivo el Ambiente Inteligente, tema de gran impacto a nivel europeo. La miniaturización de dispositivos y circuitos es una baza importante para el aumento de la inteligencia de los sistemas electrónicos, puesto que la reducción de dimensiones normalmente lleva implícita la reducción del consumo, el aumento de la velocidad de operación y el incremento de la fiabilidad de los sistemas electrónicos. Asimismo es importante integrar distintas funcionalidades (sensores, actuadoras y de procesado de señal) en un mismo sistema como forma de añadir funciones y mejorar las especificaciones a un menor coste. Las microtecnologías y las nanotecnologías van a tener un papel fundamental en el futuro, para conseguir estos objetivos.

En los siguientes apartados se indican las prioridades temáticas de los dos subprogramas.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIONES

Este subprograma tiene por objetivo la promoción de actividades de I+D+I en sistemas de telecomunicaciones y telemática. A continuación se describen para cada prioridad temática, las líneas de actuación que se propone potenciar dentro del programa. Dichas áreas recogen una versión actualizada de las distintas vertientes de investigación asentadas dentro de este ámbito: Radiocomunicaciones y antenas, procesado de la señal, comunicaciones móviles y satelitales, comunicaciones ópticas y redes de banda ancha y las aplicaciones telemáticas.

Cabeceras de radiofrecuencia

Las cabeceras de radiofrecuencia de los futuros sistemas de radiocomunicaciones se caracterizarán por un incremento espectacular de sus capacidades funcionales y de la flexibilidad de su operación, y se convertirán en uno de los elementos críticos de estos sistemas. El objetivo del Programa Nacional en este dominio es favorecer el desarrollo de los conocimientos y tecnologías necesarios para responder a esta demanda. En consecuencia, se dará especial importancia a los esfuerzos orientados a la realización de sistemas adaptativos y/o reconfigurables capaces de trabajar en entornos cambiantes y con interferencias, de sistemas MIMO con múltiples entradas y salidas, y de aquellos cuyos subsistemas son susceptibles de ser definidos por software. Asimismo, se apoyarán las actividades dirigidas a la introducción de nuevos componentes en los subsistemas (MMIC, MEMS, superconductores,...), al incremento de la capa-

cidad de transmisión de potencia de los transmisores, a la mejora de la sensibilidad y del margen dinámico de los receptores, y a la reducción del coste de los equipos. Se hace especial énfasis en:

- Sistemas radiantes.
- Componentes y subsistemas activos y pasivos de microondas y milimétricas.

Sistemas de radiocomunicaciones

El objetivo prioritario de los esfuerzos en este campo es preparar al Sistema de CTE español para la cuarta generación de comunicaciones móviles, potenciando aquellas áreas en que existen capacidades nacionales reconocidas y aquellas en que, por el contrario, no existe actividad pero cuyo dominio tiene carácter estratégico. Se considera importante la exploración del uso de nuevas bandas y técnicas de codificación de fuente y canal, nuevas herramientas de planificación y gestión radioeléctrica para dotar a los sistemas de mayor movilidad y capacidad de transmisión, incluyendo técnicas OFDMA (acceso con modulaciones por división en frecuencias ortogonales), distintas arquitecturas CDMA (acceso por modulación en código), técnicas de compartición de espectro basadas en modulación UWB (banda ultra ancha). Se promoverá el desarrollo de nuevos componentes, integración de los sistemas, normalización y estandarización, así como el desarrollo de estaciones y terminales inteligentes. Asimismo, se potenciarán nuevas técnicas de estudio y caracterización de la compatibilidad electromagnética entre los equipos que los conforman. Así, los puntos en los que se pondrá un especial énfasis son:

- Técnicas y tecnologías orientadas al empleo de nuevas bandas de frecuencia y a la optimización del uso del espectro radioeléctrico.
- Software radio.
- Comunicaciones inalámbricas tanto para servicios móviles como para acceso radio en el bucle local.
- Comunicaciones vía satélite.
- Sistemas de radiodifusión digital (televisión y radio).
- Sistemas de teledetección, sistemas radar, incluido LIDAR, y sistemas de ayuda a la navegación (GPS, Galileo, ...).
- Compatibilidad electromagnética.
- Sistemas activos y pasivos de identificación por radiofrecuencia (RFID).

Tratamiento de señal y sus aplicaciones

Las técnicas de procesado digital de señales se han convertido en una herramienta horizontal cuyas aplicaciones están incluidas en diversos programas del Plan Nacional. Por ello el objetivo de este subprograma será el desarrollo de nuevas técnicas de adquisición, modelado, almacenamiento, procesamiento y síntesis de señal, así como sus aplicaciones los ámbitos de las comunicaciones y el audiovisual, con especial énfasis en:

- Nuevas aplicaciones de procesado de señal en comunicaciones y sistemas de localización.
- Técnicas emergentes de procesado digital de señales en tratamiento multidimensional, clasificación automática y sistemas de reconocimiento.
- Tecnologías audio-vídeo, incluyendo técnicas de codificación, reconocimiento y síntesis de voz; y análisis, codificación y compresión de imágenes, vídeo, TV y HDTV.
- Aplicaciones biomédicas y de ayuda a personas discapacitadas.

Arquitectura y tecnología de redes

Se considera necesario hacer especial énfasis en redes de banda ancha, cubriendo desde el acceso a las mismas hasta las tecnologías que facilitan su expansión, gestión, medida y protección. En lo concerniente a comunicaciones ópticas, se hace especial hincapié en el desarrollo de redes y subsistemas fotónicos que potencien el transporte y procesamiento puramente óptico. Se potenciarán también las acciones que conduzcan a la internet óptica, con la adaptación de protocolos a los niveles físicos ópticos y eliminación de capas intermedias. Se fomentará el desarrollo de la inteligencia de la red mediante el desarrollo de arquitecturas y algoritmos de enrutamiento adecuados y desarrollo de servicios específicos. Se fomentará también la innovación en redes de acceso, de área metropolitana, heterogéneas y personales orientadas a integrarse en redes troncales. Se promoverá el desarrollo de sistemas de gestión de red integrales, como también nuevas arquitecturas, protocolos y servicios de red. Dada la amplitud e importancia de los desarrollos hardware y software sobre Internet, se contempla una prioridad temática diferenciada en arquitecturas y tecnologías sobre Internet. Así, los puntos en los que se realizará un especial énfasis son:

- Redes ópticas y tecnologías completamente ópticas: WDM y redes IP sobre DWDM. Estrategias de coexistencia y migración de tecnologías optoelectrónicas - electroópticas.
- Redes Troncales de muy altas prestaciones (mecanismos de gestión óptica integral, de protección, de restauración, de reconfiguración,...). Redes heterogéneas: redes programables y reconfigurables.
- Redes de acceso en banda ancha, redes metropolitanas y de área personal (por soporte físico - XDSL, Power Line, HFC, ... - e inalámbricas - adhoc, celulares,...-).
- Conmutación óptica de circuitos (OCS), de paquetes (OPS) y a ráfagas (OBS).
- Arquitecturas y tecnologías transversales: Multipunto, provisión y gestión de calidad de servicio (QoS), IPv6.
- Arquitecturas y tecnologías IP/ATM, coexistencia y convergencia a MPLS (GMPLS). Arquitecturas ASON.
- Protocolos y servicios de transporte: TCP/UDP y alternativas de mejora (SCTP, ...)
- Desarrollo de arquitecturas y tecnologías asociadas a servicios telemáticos: Localización, comunicación multimedia interactiva, seguridad y protección, tarificación y pago. Sistemas de identificación y trazabilidad.
- Ingeniería de tráfico en redes IP (Caracterización, medidas y métodos estadísticos).
- Estructuras inteligentes, domóticas y redes de acceso a vivienda (ICT).

Arquitecturas y tecnologías sobre internet

Internet ha alcanzado un tremendo auge tanto en España como a nivel internacional. Tal constatación hace de la red de redes de telecomunicación una más que seria candidata para albergar aplicaciones revolucionarias que con la actual tecnología de Internet no resultan viables. Más que un rápido acceso a los ya tradicionales servicios (e-mail, WEB, etc.), la nueva generación de Internet deberá incluir nuevos servicios y aplicaciones (VoIP, VoD, WEB, juegos, P2P, M2M, tele-formación, telemedicina, telecomercio, tele-contenidos, tele-administración, etc.). La sociedad española no ha de perder la oportunidad de ser pionera en el beneficio (oportunidad de negocio, mejora de la calidad de vida, etc.) que se derive del uso de tales aplicaciones. Por consiguiente, se hace imprescindible definir una prioridad temática que asegure el desarrollo de nuevas arquitecturas y tecnologías para Internet, que soporten el paradigma de los nuevos servicios y las nuevas aplicaciones.

Las actuales y futuras arquitecturas de INTERNET, albergarán una capa intermedia común basada en IP. IP (v4 y/o v6) coexistirá con las capas adyacentes. En capas superiores, con los protocolos TCP, UDP, SCTP, etc. En capas inferiores la solución será totalmente óptica. Se prevé una estructura unificada, como plataforma común para todo tipo de servicios sobre IP (FTP, HTTP, DNS, RTP, SNMP, etc.) y para las aplicaciones que se implementen.

En su inicio, las redes IP fueron diseñadas para soportar un tráfico asimétrico. Las fuentes de información se limitaban a un conjunto reducido de servidores, a los que se conectaban un gran número de usuarios. Hoy en día, cada vez es más frecuente el tráfico P2P, tanto entre empresas como entre particulares. Asimismo, están apareciendo nuevos patrones de tráfico generados por las incipientes aplicaciones M2M. El reto en el nuevo paradigma de las telecomunicaciones será ofrecer calidad de servicio (QoS) a la diversidad de servicios que demande la sociedad.

Áreas candidatas a formar parte de esta prioridad temática en arquitecturas y tecnologías para Internet son: IP sobre DWDM (tecnologías, arquitecturas, gestión e inteligencia de redes ópticas); protocolos y conmutación en la capa óptica (OCS, OBS, OPS); caracterización de tráfico IP (medidas y métodos estadísticos); plataformas de medidas de tráfico IP; estructuras de red y tomografía en Internet; seguridad en Internet (detección de intruso IDS, autenticación PKI, etc.).

Nuevas generaciones de comunicaciones inalámbricas

Las comunicaciones digitales vía radio han sido durante los últimos años los principales motores en la evolución del sector de las telecomunicaciones. Tecnologías definidas por los acrónimos GSM, W-CDMA, DECT, WLL, LMDS, UMTS, ... han protagonizado las mayores expectativas de la historia de las telecomunicaciones que se han visto traducidas en grandes éxitos y algunos desengaños. En estos momentos varias tecnologías –por ejemplo, las conocidas como Wi-Fi y Bluetooth– están emergiendo con inusitada fuerza, siendo consideradas por algunos expertos como una seria amenaza para la telefonía móvil de tercera generación, aunque, en otros casos, se señalan sus características de complementariedad.

En la actualidad la combinación de las mencionadas tecnologías está encontrando un amplio abanico de aplicaciones, tanto en el ámbito privado como en entornos públicos: redes corporativas, acceso público a Internet, redes WLAN para cobertura de "Hot Spots" (escenario público donde se concentra un gran número de usuarios), etc. En definitiva son una atractiva solución, con capacidad de competir con las redes fijas, que resuelve una buena parte, tanto de las necesidades de comunicación tradicionales como de las asociadas al ámbito multimedia, incluyendo el acceso fijo y móvil a Internet. Son tecnologías alternativas que empiezan a ser utilizadas por los actuales operadores para suministrar los servicios, pero sobre todo una herramienta para la aparición de nuevos operadores en el actual entorno liberalizado que caracteriza al sector de las telecomunicaciones.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE ELECTRÓNICA

Este subprograma tiene por objetivo la promoción de actividades de I+D+I en Dispositivos y Sistemas Electrónicos. En los siguientes apartados se describen sus prioridades temáticas y líneas de actuación. Se divide el ámbito tecnológico incorporando cuatro áreas principales para componentes y dispositivos, circuitos, sistemas electrónicos y tecnologías avanzadas. Asimismo, se observa la necesidad de identificar un quinto campo o grupo de aplicaciones donde la integración de los elementos tecnológicos antes mencionados sea de mayor relevancia.

Componentes y dispositivos

Los componentes y dispositivos electrónicos se considerarán bloques funcionales y básicos para el desarrollo de circuitos, sistemas y subsistemas completos para aplicaciones específicas. Desde este punto de vista se potenciará la investigación y desarrollo en nuevos semiconductores, dispositivos, sensores y actuadores que aporten nuevas y/o mejores prestaciones, con respecto a los existentes, especialmente en campos de aplicación en los que la industria española tiene más peso o sea más estratégica. Si bien en el pasado y previsiblemente en el futuro la mayoría de dispositivos electrónicos estarán basados en tecnologías de semiconductores tradicionales (Si, GaAs, ...) se potenciará también la investigación en nuevos dispositivos basados en principios, materiales compuestos y/o tecnologías emergentes (SiC, SiGe, SiCN, BCN, GaN, ...). Asimismo, se tendrá en cuenta la importancia de los componentes ópticos como base de sistemas avanzados de comunicaciones. Se pondrá especial énfasis en :

- Sensores y actuadores.
- Displays y LCDs.
- Dispositivos ópticos y componentes fotónicos.
- Dispositivos de radiofrecuencia.
- Dispositivos de identificación electromagnéticos y por radiofrecuencia.
- Componentes fotovoltaicos.
- Dispositivos de potencia y alimentación.
- Componentes Pasivos, Componentes Electromecánicos, Conectores y Componentes Activos.

Circuitos y subsistemas

El diseño de circuitos electrónicos ha evolucionado rápidamente en los últimos años con el interés de desarrollar circuitos, módulos y subsistemas de aplicación específica, basados en celdas parametrizables y ubicables o IPs (Intellectual Property). Con el objetivo de conseguir un liderazgo en el diseño de circuitos de interfaz, se considera necesario hacer énfasis en el desarrollo y aplicación de IPs para circuitos analógicos y mixtos de altas prestaciones (baja potencia, baja tensión, bajo ruido,...) y con capacidad de adaptación a múltiples aplicaciones. Será importante dotar a los grupos y empresas del sector de las herramientas y capacidades necesarias para poder acceder a las tecnologías más adecuadas para fundir las soluciones específicas, necesarias para la industria de nuestro país.

- Circuitos analógicos y mixtos.
- Circuitos reconfigurables.
- Circuitos avanzados de altas prestaciones.
- Subsistemas hardware y software de aplicación específica (terminales, periféricos, etc.).

Sistemas

A nivel de sistemas electrónicos, se considera prioritario el desarrollo de sistemas complejos, de altas prestaciones y multifuncionales, basados en dispositivos y circuitos anteriormente mencionados, con el objetivo de conseguir una posición relevante en los campos de los Sistemas en Chip (SoC) y MEMS. Así, se debe potenciar la investigación específica relacionada con nuevas herramientas de diseño, integración y encapsulado de los distintos módulos funcionales. Se considerarán soluciones integradas (Soluciones a medida –ASIC–, Matrices de Puertas programables –FPGA–,... e híbridas (Módulos Multi Chip –MCM–, Chip sobre placa –CoB–,...). Se considera igualmente importante la investigación en

técnicas de miniaturización e integración como base del desarrollo en el área de los microsistemas y microdispositivos electromecánicos y optoelectromecánicos. Las técnicas de alimentación y de ingeniería de sistemas y microsistemas son también temas de interés específico.

- Microsistemas/MEMS/MOEMS/NEMS.
- Sistemas heterogéneos hardware-software.
- Sistemas embebidos de alta disponibilidad.
- Sistemas reconfigurables.
- Sistemas bioinspirados.

Técnicas esenciales y transversales

En el campo de la electrónica existen distintas metodologías de diseño y fabricación que son de gran interés puesto que son transversales y de aplicación a todos los niveles (desde los dispositivos hasta sistemas completos). Con el objetivo de conseguir una posición relevante en las áreas de diseño, fabricación y validación de sistemas integrados, se potenciarán las actividades de I+D+I en técnicas de test, encapsulado y montaje y las metodologías para el desarrollo de productos de altas prestaciones (bajo consumo, baja tensión, alta velocidad, bajo ruido,...). Asimismo es importante apoyar tecnologías que en la actualidad son emergentes pero que pueden ser la base de futuros dispositivos y circuitos. Destacan las micro y nanotecnologías, que por su interés estratégico se proponen como parte importante de una acción estratégica. Se contemplan los siguientes temas prioritarios:

- Diseño de sistemas complejos: metodologías y herramientas, demostradores.
- Test y diseño para test aplicados a todos los niveles.
- Diseño para la fabricación.
- Técnicas avanzadas de encapsulado y montaje.
- Técnicas de altas prestaciones (bajo consumo, baja tensión, alta velocidad, bajo ruido...) aplicadas a todos los niveles.
- Procesos tecnológicos para nuevos dispositivos.
- Micro y nanotecnologías.

Integración de sistemas para aplicaciones específicas

A pesar del carácter tecnológico y horizontal de la electrónica, y del interés de desarrollar plataformas tecnológicas de amplia aplicación, se considera necesario identificar áreas que sean de especial importancia para la industria electrónica nacional. En los últimos años, se ha observado que el sector electrónico español está mostrando un interés especial en ciertos temas en los que se ha conseguido adquirir un nivel importante, que es necesario mantener y ampliar. El objetivo de focalizar las actividades es el de conseguir el liderazgo en algunos sectores donde se aprecien con más claridad criterios de oportunidad actuales o emergentes. Concretamente se proponen, entre otros, los siguientes campos de aplicación:

- Electromedicina: instrumentos, plataformas tecnológicas y sistemas inteligentes.
- Sistemas para identificación bioquímica y biogenética.
- Domótica: Automatización del control integral de elementos y prestaciones domóticas. Seguridad y ahorro energético en el hogar.
- Equipos y terminales de telecomunicaciones.

- Dispositivos y equipos y sistemas para ambiente inteligente (tarjetas, transpondedores, etc.).
- Instrumentación electrónica.
- Electrónica para vehículos y sistemas de transporte.
- Tecnologías electrónicas para la defensa y la seguridad.
- Sistemas electrónicos para medio ambiente y campo agroalimentario.
- Sistemas electrónicos para la producción y distribución de energía.

Sistemas electrónicos de alta confiabilidad

La importancia de los sistemas electrónicos empotrados es hoy indiscutible. Su mercado es alrededor de 100 veces el mercado de los sistemas electrónicos de sobremesa, y hoy su presencia abarca a dispositivos y sistemas que rodean nuestra vida diaria (electrodomésticos, coches, teléfonos, agendas, ...). Esta tendencia a la omnipresencia de los sistemas electrónicos en todos los sectores va a ir creciendo de forma espectacular en la próxima década, lo que abre importantes oportunidades para todo tipo de empresas y sectores. Sectores como la agricultura, la salud, el medio ambiente, la construcción, la seguridad, la mecánica, ... van a ver como poco a poco los sistemas electrónicos se incorporan de forma habitual para mejorar productos y procesos, algo que hoy todavía no es masivo.

Sin embargo, esta entrada masiva de los sistemas electrónicos en diferentes sectores va a requerir una importante capacidad de innovación por parte de los profesionales del sector, ya que el mercado va a plantear importantes retos tecnológicos y de mercado, de entre los que podríamos destacar los siguientes:

- Amplia diversidad y creciente complejidad de las aplicaciones.
- Creciente demanda de integración con otros sistemas.
- Creciente multidisciplinariedad de los productos y servicios.
- Creciente importancia de la flexibilidad de los sistemas.
- Creciente necesidad de sistemas que garanticen una alta confiabilidad, esto es, que garanticen su disponibilidad en todo momento (muy bajas tasas de fallo y alta capacidad para garantizar el funcionamiento fundamental aún en condiciones de no total disponibilidad).

Este último aspecto va a ser clave en sectores críticos como defensa, transporte (automóviles, trenes, autobuses), aeronáutica, energía, etc., sectores todos ellos estratégicos para el País y en los cuales se dispone hoy de empresas bien posicionadas para ganar importantes cuotas de este mercado en crecimiento.

Estos retos demandan no sólo el desarrollo de avances científico-técnicos, para lo cual el país dispone de grupos de investigación de calidad reconocida tanto en los Centros Públicos de Investigación como en Centros Tecnológicos, sino también un importante esfuerzo de formación de profesionales en estas disciplinas, ya que la demanda de estos profesionales va a ser uno de los puntos críticos para ser capaz de posicionarse en estos mercados con productos competitivos.

ACCIÓN ESTRATÉGICA EN TELEVISIÓN Y RADIO DIGITAL

La televisión digital terrestre (TDT) es una nueva técnica de difusión de las señales de televisión que permite una optimización del uso del espectro radioeléctrico en el medio difusión canal aire sobre la superficie terrestre. Las ventajas que incorpora a la difusión de televisión son básicamente las siguientes:

- a) Incrementa el número de programas, disminuye los costes de distribución de cada programa y optimiza el uso del espectro al eliminar los canales de guarda imprescindibles para evitar interferencias entre canales adyacentes. Con las actuales técnicas de compresión digital se puede difundir varios programas de televisión sobre el mismo canal de 8 MHz (según el ámbito de cobertura, en la actualidad, en un mismo canal cabrían entre cuatro y siete programas).
- b) Mejora de la calidad en la recepción de la señal (mejor sonido e imagen) y permite la recepción portátil de la señal de televisión.
- c) Permite la interactividad con el telespectador con la ayuda de otras infraestructuras de telecomunicación (los llamados canales de retorno –cable, red telefónica básica, redes de telefonía móvil, redes xDSL...–) abriendo así una amplia gama de nuevas posibilidades de servicios y aplicaciones: servicios de TV interactiva, servicios de datos, pago por visión, publicidad interactiva, web TV, webcasting, etc.

Con todo ello, la TDT representa un nuevo modelo de comunicación con todas las implicaciones sociales y económicas que ello conlleva.

A la vista de las ventajas técnicas que aporta la TDT, en toda Europa se ha entendido que éste debe ser el sistema de difusión que debe sustituir al actual sistema de difusión analógica de televisión por ondas terrestres. A este respecto, los países de la Unión Europea han abordado de distinta forma la implantación de la TDT sin que exista un modelo único al respecto. En estos momentos, sólo cuatro países de la UE han iniciado las emisiones comerciales de TDT: Reino Unido (1988), Suecia (1999), España (2000) y Finlandia (2001). De todas estas experiencias, la más representativa ha sido la del Reino Unido, país que se ha convertido en muy pocos años en el espolón de la radio y la televisión digital en Europa a través del satélite (Skydigital), del cable (NTL y Telewest) y de la televisión digital terrestre (Ondigital y Freeview), de modo que el 38% de los hogares tienen ya televisión digital (9 millones de hogares).

España está desempeñando un papel pionero en el desarrollo de las redes de radiodifusión digital. En los años 1999-2000 se implantó la primera red en el mundo en frecuencia única de cobertura nacional. A día de hoy, coexisten dos redes nacionales y varias autonómicas, las dos primeras proporcionando una cobertura del 82% de la población. Ante la apuesta decidida de migrar los servicios de radiodifusión analógica –fundamentalmente TV– en los próximos años se necesitan redes operativas que ofrezcan un servicio universal, tomando como referencia el que existe actualmente, accesible al 98% de la población. Más aún, las redes tienen que estar optimizadas para poder aprovechar las ventajas de la radiodifusión digital (recepción móvil de TV...).

De esta manera, una acción estratégica en televisión y radio digital tiene dos objetivos primordiales. Por un lado, se conseguirían una serie de ventajas para los ciudadanos:

- Multiplicación del número de contenidos a un coste razonable.
- Recepción de la señal con mejores condiciones de sonido y de imagen.
- Interactividad de servicios más amplia: compra, asistencia, información, etc.

En este aspecto surgen actividades de I+D relacionadas con el Programa Nacional en Tecnologías Informáticas, principalmente toda la tecnología necesaria para producción y edición de contenidos televisivos avanzados, guías electrónicas de programación, servicios interactivos en tiempo real (información a medida, juegos, etc.), interfaces amigables de comunicación, navegación en internet, etc. Asimismo aparecen interrelaciones con el Programa Nacional de Servicios para la Sociedad de la Información en aquellos aspectos que permita que los ciudadanos se beneficien de las ventajas que ofrecen las tecnologías de la información y comunicaciones (e-contenidos, e-asistencia, e-formación, e-hogar, etc.).

Por otro lado con esta acción se persigue situar a España como líder mundial en la fabricación e integración de equipos basados fundamentalmente en el estándar DVB, desarrollado en Europa y el más aceptado en el mundo.

Las actividades de I+D en este campo deben perseguir el diseño de equipos que permitan la optimización de la red, herramientas de planificación y actividades de integración de tecnologías. Es importante señalar en este último punto que el despliegue de redes digitales terrestres supone un aumento de la capacidad de las redes de transporte y acceso de datos en banda ancha, con lo que se abren de esta forma nuevas posibilidades para los servicios desarrollados sobre estas redes que son objeto del Programa Nacional de Tecnología de Servicios de la Sociedad de la Información.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

Existen dos infraestructuras singulares en el área de la Electrónica y las Comunicaciones: RedIRIS y el Centro Nacional de Microelectrónica (CNM), ambas consideradas grandes instalaciones por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCYT).

RedIRIS es la red académica y de investigación nacional, que da servicio a todos los Centros públicos de investigación del país. Por la importancia estratégica de dicho servicio para toda la comunidad científica, se considera que dicha infraestructura debe potenciarse al máximo nivel (incluso complementándola con redes autonómicas), dotándola de medios y mecanismos de gestión adecuados y cuidando su estrecha ligazón con la administración de la investigación pública española, para que pueda seguir ofreciendo sus servicios de alta calidad e interés a la ciencia española.

Por otro lado, el Centro Nacional de Microelectrónica, es un centro perteneciente al CSIC aunque con un estatuto jurídico especial. Dispone de una sala blanca con capacidades industriales y tiene, en sus tres sedes de Barcelona, Madrid y Sevilla, una amplia tradición de participación en proyectos de I+D nacionales e internacionales y en contratos industriales. Sus capacidades son usadas por la industria y la academia de nuestro país y de otros países de la UE, pero habría que dotarlo de mecanismos más flexibles para cumplir satisfactoriamente con este tipo de tareas, especialmente en el marco del Espacio Europeo de Investigación. El CNM es considerada gran instalación por la Unión Europea y por el MCYT.

Más recientemente han surgido nuevos institutos de alto nivel en el área de las Tecnologías Electrónicas creados y promovidos por Comunidades Autónomas y Universidades que complementan a las grandes instalaciones citadas. En general, estos institutos disponen de infraestructuras de menor tamaño pero que han sido necesarias para aglutinar y aumentar el valor añadido de la investigación y el conocimiento existente en diversos centros. Asimismo, la concentración de recursos humanos y económicos se considera la forma más adecuada de actuación, dado el coste de estas actividades que normalmente requieren infraestructura de fabricación y desarrollo tecnológico muy costosos. Cabe destacar el caso de la Universidad Politécnica de Madrid con el Instituto de Sistemas Optoelectrónicos y Microtecnología (ISOM), especializado en dispositivos semiconductores y ópticos avanzados y considerado también, más recientemente, gran instalación por el MCYT.

Se prestará especial atención a la puesta en marcha de acciones que impulsen e incentiven una mayor colaboración entre los grupos de investigación más experimentados y reconocidos de estas disciplinas que hoy se sitúan en los centros públicos de investigación, y los grupos de investigación de carácter más aplicado pero de larga trayectoria y reconocido prestigio existentes en otras entidades como los Centros Tecnológicos, ya que ejercen una muy importante labor de puente entre la investigación y las empresas, algo que en el área de la electrónica y las comunicaciones es fundamental debido a la rápida obsolescencia de las tecnologías.

La disponibilidad de los diversos tipos de centros e infraestructuras mencionadas, permite de forma global disponer de una capacidad de fabricación de pequeñas y medianas series para ciertos tipos

de dispositivos, que se añade a las posibilidades existentes para la investigación y prototipado en centros menores.

En el área de las comunicaciones también existen iniciativas a nivel regional para crear centros tecnológicos en telecomunicaciones, con el objetivo de llegar a ser centros de excelencia en el área.

Acciones propuestas para el nuevo Programa

Se considera que en el campo de la electrónica, existen suficientes infraestructuras de tamaño grande y medio en el ámbito nacional, que realizan tareas de investigación y desarrollo en temas de actualidad y son potenciales candidatas a colaborar y reorientar y/o ampliar sus actividades hacia nuevos temas tecnológicos punteros (por ejemplo nanotecnologías) en el ámbito internacional, como forma de optimizar los recursos y conocimiento existentes en nuestro país. Sobre estos centros cabe señalar:

- No debería ampliarse el número de grandes instalaciones existentes (RedIRIS, CNM, ISOM). Asimismo debe potenciarse la colaboración entre estas instalaciones y otras infraestructuras de carácter mediano, como forma de optimizar y avanzar conjuntamente con objetivos comunes.
- El Plan Nacional tratará de consolidar las infraestructuras singulares cuya temática de I+D+I se centra en esta área: el CNM y el ISOM, y se deben regular y sistematizar las ayudas para su acceso, operación y mantenimiento, recibidas a través del Comité de Grandes Instalaciones.
- Al objeto de optimizar el uso y aprovechamiento de los recursos, se deben establecer mecanismos periódicos de evaluación científica y tecnológica de estas grandes instalaciones, tanto en sus contribuciones de tipo científico como tecnológico.
- Es interesante potenciar y apoyar la integración de los centros y grandes instalaciones existentes en España dentro del ámbito europeo. Para ello deben promocionarse las iniciativas de constituirse, solos o en colaboración con centros similares de otros países de la UE, en grandes instalaciones europeas.
- Conviene analizar la apertura de RedIRIS a la iniciativa privada, al objeto de aprovechar esta infraestructura para difundir, promover y facilitar la cooperación público-privada.
- Finalmente, podrían generarse, con la colaboración de las CCAA, herramientas de transferencia de tecnología de la Universidad/OPI a las empresas de su entorno, mediante el desarrollo de unidades mixtas Empresa/Asociaciones empresariales-Universidad/OPI, donde convivan investigadores de los dos ámbitos. La parte privada de estos Centros debe correr a cargo de una gran empresa, de Asociaciones empresariales o de grupos de PYMES con interés en el mismo campo tecnológico. La parte pública debería ser financiada con fondos públicos, con participación significativa de la Comunidad Autónoma correspondiente.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

Los aspectos que se han estudiado, de forma conjunta para todo el área de Tecnologías para la Sociedad de la Información, son los siguientes:

- Recursos humanos
- Apoyo a la competitividad empresarial
- Cooperación internacional
- Fomento de la cultura científica y tecnológica

5.1 Recursos humanos

Este es el problema identificado como de mayor importancia por la comunidad científica. Para aumentar la calidad científica y tecnológica y mejorar la competitividad empresarial es necesario que exista una mayor masa crítica de investigadores de calidad y una mejor y más amplia disponibilidad de conocimientos y capacidades.

El problema general radica en el diseño de la carrera científica en las áreas de TSI. Lo que les espera a los jóvenes investigadores es una situación que, en comparación con la de sus colegas en otros países, empeorará progresivamente durante su carrera, incluso en el caso de que consigan los mas altos puestos que el sistema puede ofrecer en la actualidad y haber pasado todas las evaluaciones. Mientras que el nivel de las becas en otros países es quizá superior en un 50% (o quizá incluso equiparable en algunas disciplinas) a las nuestras, la situación comparativa va empeorando a medida que se va pasando a puestos mas altos en la carrera del investigador. Así, al final, en caso de llegar a catedrático o profesor de investigación, incluso en el caso de tener concedidos todos los tramos docentes, lo que el investigador va a obtener es una situación en la que los sueldos de sus colegas en otros países serán entre un 100% y un 400% mas altos.

Esta diferencia es mucho mayor que la que existe entre los salarios españoles y los de otros países de nuestro entorno en prácticamente cualquier otra área de actividad y tiene como consecuencia, aparte de la desmotivación de los jóvenes, una importante desincentivación de los investigadores establecidos en España, lo que les lleva a buscar y aceptar ofertas de otros países. Además, esta situación imposibilita la opción de establecerse en España para investigadores extranjeros, como se refleja por el bajísimo numero de investigadores extranjeros entre los niveles mas altos del escalafón, quizá el mas reducido de todos los países de nuestro entorno.

No obstante, la capacidad de formación de personal científico y tecnológico en el área es incuestionable, egresando cada año un significativo número de doctores y , especialmente, de tecnólogos. Sin embargo, la mayor parte de los doctores han permanecido en las Universidades, lo que ha sido favorecido tanto por el incremento en los últimos años de centros de formación en el área, como por la falta de reconocimiento profesional del título de doctor en las empresas.

Por lo tanto, para responder a la rápida evolución de las tecnologías y a la expansión de sus aplicaciones, es imprescindible promocionar la entrada de nuevos expertos, en las universidades, OPIs y fomentar la transferencia hacia empresas del sector.

En consecuencia, se deben potenciar todos los mecanismos ya empleados y establecer otros nuevos, especialmente aquellos que garanticen el flujo de recursos humanos desde los centros de investigación a las empresas.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

Este es otro aspecto clave que requiere especial atención dentro del Plan Nacional. El sector de TSI es extremadamente competitivo por su propia naturaleza, y precisa de tiempos de respuesta muy cortos para posicionarse en mercados tan cambiantes como los actuales. Esta mejora de la competitividad se debe hacer a través de nuevas iniciativas o de la potenciación y extensión de algunas ya existentes:

- Vigilancia tecnológica: Cooperación de las PYME, a través de sus asociaciones empresariales, con universidades/OPIs en la consultoría científico-tecnológica de actividades emergentes. Fomentar la figura del consultor tecnológico que oriente a las empresas en el proceso de innovación tecnológica en un sector tan cambiante como el de las TSI.

- Complementariedad del fomento de la I+D con las compras públicas. En algunos casos las instituciones y organismos oficiales adquieren importantes infraestructuras y sistemas a empresas en operaciones que apenas suponen valor añadido para el país, con escasa transferencia de tecnología, con el riesgo que ello supone desde el punto de vista de soporte, mantenimiento y servicios asociados a la adquisición.
- Apoyo a la realización de grandes proyectos y establecimiento de mecanismos de financiación a riesgo comercial. La experiencia pasada demuestra la enorme trascendencia que para el desarrollo tecnológico del país tiene una acertada política de fomento de la participación de las empresas y del estamento científico en el desarrollo de los grandes proyectos que, siendo intensivos en el uso de tecnologías avanzadas, llevan a cabo los ministerios inversores. Los grandes programas europeos de adquisición de sistemas en el sector de la Defensa constituyen el paradigma de la afirmación anterior.
- Cooperación con sectores usuarios de las TSI: Organización de acciones de difusión y concienciación acerca de las oportunidades que ofrecen estas tecnologías, con una perspectiva orientada al negocio, contando con los Centros Tecnológicos y Asociaciones Empresariales que trabajan para el sector en cuestión .
- Apoyo a la creación de nuevas empresas: Mediante concursos de creación de empresas de base tecnológica en el campo de las TSI, continuidad y potenciación del programa NEOTEC, programas para potenciación de spin-off, emprendedores, viveros de empresas, incubadoras, ... todo ello en colaboración con las iniciativas de las CCAA.

Otro aspecto fundamental de este apoyo se refiere a la adopción de medidas que faciliten la creación de empresas por investigadores del Sector Público, estableciendo una regulación para la creación de empresas de base tecnológica (spin-offs y start-ups) que exploten resultados de I+D de los centros públicos y privados.

- Medidas para animar a las empresas de tamaño medio y grande a diseñar un plan estratégico de I+D, valorando su existencia a la hora de financiar ayudas.
- Convocatorias específicas de cooperación empresas – Centros Públicos de Investigación con financiación adaptada a las necesidades y modos de operación de cada uno de los agentes (empresas o sus asociaciones y OPIs), pudiendo llevar asociados créditos a riesgo comercial.
- Fiscalidad del software: Actualización del concepto de I+D+I en software en la Ley sobre el Impuesto de Sociedades, a la luz de la versión 2002 del manual de Frascati de la OCDE.

5.3 Cooperación internacional

En el momento presente, la programación de actuaciones en Ciencia y Tecnología debe hacerse considerando el conjunto de programas de investigación europeos. Para ello es preciso que se integren esfuerzos en el marco de creación del Espacio Europeo de Investigación a través de:

- La apertura de programas nacionales: Se analizarán las oportunidades de apertura del Programa en el ámbito de la ERANET en dominios temáticos seleccionados, como por ejemplo en la iniciativa para micro y nanotecnologías.
- El presente Plan reforzará los instrumentos que facilitan la participación en VI PM, especialmente en los nuevos instrumentos: Proyectos Integrados (IP), Redes de Excelencia (NoE).
- Estas medidas tendrán en cuenta las necesidades de grupos de I+D que no tienen la dimensión suficiente.
- Promoción de la participación en organismos internacionales y procesos de normalización en el campo de las TSI (ITU, ETSI, CEN/CENELEC, JTC1, IETF, W3C, OMG, ...).

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

Aunque las Tecnologías para la Sociedad de la Información están presentes en muchas actividades cotidianas y en los medios de comunicación eso no quiere decir que la percepción de la Sociedad de la I+D en estas áreas sea la correcta. En este sentido algunas acciones a realizar pueden ser:

- Incluir entre las condiciones de concesión de ayudas la creación de una página web relativa al proyecto o actuación.
- Existen algunas disfunciones en la percepción de los fundamentos científicos de las nuevas tecnologías por parte de la sociedad que se pueden corregir con planes a largo plazo, incluyendo adaptaciones del sistema educativo (por ejemplo, mediante la enseñanza de la informática en niveles de enseñanza obligatoria). Ello podría conllevar un aumento de las vocaciones científico-técnicas.

6 Relación con otros programas nacionales

Por su carácter horizontal y tecnológico, el Programa Nacional de Tecnologías Electrónicas y de Comunicaciones está directamente relacionado con los otros programas del área de las Tecnologías de la Sociedad de la Información (Tecnologías Informáticas, Tecnologías de Servicios de la Sociedad de la Información). Ello ha podido dar lugar a inevitables efectos de solapamiento, que deben ser contemplados como una oportunidad de cooperación entre Programas.

Asimismo, los campos de la Electrónica y las Comunicaciones tienen una incidencia directa en programas de otras áreas, que pueden beneficiarse de los desarrollos aquí propuestos. Destacan las relaciones directas especialmente con los Programas Nacionales de Tecnologías para la Salud y el Bienestar, de Biotecnología, de Ciencias y Tecnologías Medioambientales, de Energía, de Transporte, de Materiales y de Diseño y Producción Industrial.

Programa Nacional de Tecnologías informáticas

1 Ámbito del programa nacional

El Programa Nacional de Tecnologías Informáticas (TIN) tiene por objeto el fomento de la investigación, básica y aplicada, el desarrollo y la innovación tecnológica en todos los campos científicos y tecnológicos que en los últimos años han ido conformando la amplia disciplina de la Informática. El objetivo es la automatización y representación de procesos, conocimiento e información, lo que se materializa mediante el diseño, construcción y aplicación de dispositivos físicos (hardware) y lógicos (software) basados en tecnología digital.

Cada vez más las tecnologías informáticas se configuran como horizontales y, en mayor o menor medida, penetran en todos los ámbitos científicos, productivos y en la calidad de vida del ciudadano. Por ello el objetivo general de este programa es tanto la generación de conocimientos científicos y técnicos, como el desarrollo de innovaciones tecnológicas que faciliten la utilización de las TIN en nuestra sociedad y que contribuyan a mejorar la eficiencia y competitividad de nuestro tejido social y productivo. No obstante, se deben distinguir las actividades de mero desarrollo de aplicaciones informáticas con las relacionadas con la investigación y el desarrollo tecnológico de nuevas técnicas y herramientas software que constituyen este programa.

Es importante señalar el potencial del software como bien de servicio sin fronteras que puede comercializarse e instalarse en cualquier lugar del mundo sin prácticamente costes adicionales. Esta característica global supone un importante reto, ya que sólo los países mejor preparados podrán aprovechar las grandes oportunidades que la industria informática y, en particular, la del software están proporcionando. La aparición del software libre como una alternativa real a los sistemas propietarios, todavía potencia más esta característica de globalidad y costes reducidos al facilitar la libre disponibilidad de herramientas de soporte y desarrollo del software.

En el estado actual, la industria del software necesita nuevas metodologías, herramientas y procesos que faciliten la construcción de aplicaciones de la forma más rápida y fiable posible. La importancia del software como motor de desarrollo tecnológico del futuro es recogido en el informe ITEA "Technology Roadmap on Software Intensive Systems, The Vision of ITEA, <http://www.itea-office.org/>"; en donde se identifican una serie de dominios de aplicación de gran importancia para la Sociedad de la Información del futuro (Domótica, Ciber Empresa, Infraestructura de Servicios,...), junto a una serie de tecnologías básicas para el desarrollo de los mismos. El programa TIN deberá adaptarse a las conclusiones de estudios como éste y establecer acciones para el desarrollo de tecnologías y aplicaciones innovadoras en sectores que puedan considerarse de interés para nuestro país. Estas acciones podrán realizarse en colaboración con otros programas del Plan Nacional.

De acuerdo con lo señalado, dentro del amplio campo de las Tecnologías Informáticas se establecerán como prioritarias aquellas áreas más relevantes por su importancia investigadora y su potencial aplicación industrial y social. En el programa se consideran prioritarios los procesos relativos a la construcción de un software fiable y de calidad, las tecnologías y aplicaciones sobre la red, relativas a la utilización y mejora de las redes de comunicación y el desarrollo de nuevas técnicas para dar soporte al "Ambiente Inteligente" promovido por el VI Programa Marco de la CE. Así mismo, se podrán abordar problemas concretos que, por sus características particulares, tengan un especial interés, como podría ser conseguir una mayor introducción de Internet en la sociedad mediante la creación de tecnologías que faciliten su utilización y den confianza a sus usuarios, potenciar el uso de métodos y herramientas de desarrollo de software rigurosos basados en técnicas formales en determinados campos, favorecer la transferencia y aplicación de procesos certificados de calidad en el desarrollo del software, etc. También podrá fomentarse la creación de tecnología y aplicaciones para campos de interés que se consideren estratégicos.

2 Justificación de la priorización del programa

El Programa aparece por primera vez en el Plan Nacional de I+D+I, como un programa diferenciado dentro del área de las Tecnologías de la Sociedad de la Información. Esto se justifica por la gran importancia y desarrollo que estas tecnologías están alcanzando y al papel central que han adquirido como dinamizadoras del desarrollo social e industrial en la sociedad actual. Por otra parte el programa de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, donde se contemplaban las Tecnologías Informáticas, adolecía de problemas de gestión debido tanto a su alto número de proyectos, con incrementos anuales en el último Plan Nacional de I+D+I en torno al 10-12% anual, como al amplio espectro de su temática.

En España la informática manifiesta un alto crecimiento especialmente en comparación con la electrónica (incluido el hardware) y las comunicaciones, según datos de las organizaciones empresariales del sector. En efecto, hasta el año 2000 y durante varios años, el sector de las TIN conoció avances espectaculares. En el año 2001, en España todavía este crecimiento fue del 6,9% respecto al año anterior (el sector entero creció un 9%, incluyendo el incremento en empleo del 9,2%) y habiéndose pasado en los cuatro últimos años (1998-2001) del 2,01 al 2,32 por ciento del PIB (de un total 4,4% que suponen las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en global), según datos de SEDISI. Esta tendencia se ha invertido en el año 2002 en el que según datos de la citada asociación el mercado interior neto de informática ha sufrido una disminución del 2,84% con una incidencia mayor en el segmento de hardware, situando el ratio mercado interior bruto como porcentaje del PIB en el 2,08%. Esta cifra porcentual respecto al PIB sólo es superior en la UE a la de Grecia. En esta situación resulta fundamental tomar medidas para potenciar este sector, considerado hoy como claro motor de desarrollo en el mundo (véanse, por ejemplo los casos de Irlanda o Israel donde el software ha jugado este papel en sus economías). Así ha sido reconocido por la Comisión Especial de Estudio para el Desarrollo de la Sociedad de la Información, la cual recomienda también potenciar las actividades de I+D+I en este sector.

Antes de entrar en la justificación de este programa, algunas características de la Informática como disciplina científica, lo que puede ayudar a comprender y establecer mejor los ámbitos de actuación del programa.

Es tradicional la discusión sobre si la Informática es una ciencia, una ingeniería o un arte, quizás debida a que su naturaleza no se ajusta claramente a ninguna de las tres, sino que parece más bien como una mezcla de todas que da lugar a una nueva disciplina que necesitaría ser analizada con parámetros

distintos a los comúnmente usados para otras disciplinas. Así se señala también en el informe "International Review of UK Research in Computer Science", realizado a petición del gobierno británico por un grupo de expertos internacionales, en el que la primera de sus conclusiones establece literalmente: "La Informática (Computer Science) es un nuevo tipo de disciplina. Difiere en carácter y cultura de las ciencias puras y aplicadas, las ingenierías y las matemáticas. Los métodos tradicionales para financiar y evaluar la investigación no son siempre apropiados para este nuevo campo". Este hecho justifica por sí mismo la existencia de este programa dedicado específicamente a las tecnologías informáticas, ya que va a permitir atender mejor a sus peculiaridades.

En Informática, la investigación teórica no trata de la explicación de ningún tipo de fenómeno físico, ni la experimentación consiste en probar si una teoría predice la realidad. La investigación teórica en Informática se ocupa de la potencia, límites y costes de la computación, así como del establecimiento de fundamentos formales para la especificación y descripción de los procesos computacionales, de la información y del conocimiento. La investigación experimental se orienta a la creación de nuevos procedimientos, abstracciones y mecanismos, los cuales normalmente pueden ser directamente analizados y evaluados mediante la construcción de prototipos. En muchas ocasiones estos prototipos pueden ser convertidos con facilidad en productos comerciales, mostrándose así otra características de la investigación en informática: la inmediatez con la que resultados de investigación pueden incidir en el tejido productivo y social.

Por otra parte, las características del software lo hacen distinto a otros productos, dificultando su construcción y mantenimiento. Así, ha sido reconocido en el informe PITAC "President's Information Technology Advisory Committee: Interim Report to the President", en el que se establecen las líneas y volumen de la inversión en Tecnologías de la Información que debería realizar el gobierno de los Estados Unidos. Este informe recomienda que la inversión en estas tecnologías tenga una prioridad absoluta y enfatiza la importancia del software como elemento central de la investigación, "dado que es un elemento frágil y complejo, todavía no bien comprendido, del que nuestra economía depende cada vez más peligrosamente y que se comporta frecuentemente de forma impredecible".

Una consecuencia de esta dificultad que presenta el software como producto es que en muchas ocasiones, y particularmente dentro de los entornos industriales, hay proyectos de desarrollo de software que son abortados por no ser económicamente factibles. Esto es debido, en muchos casos, a la gran "distancia" que todavía existe entre el modelo conceptual de un sistema, y su instrumentación en términos de un software con características de "bien de equipo industrial" (acabado, probado, fiable, convenientemente documentado, funcionalmente aceptable, compatible, integrable, etc.). El nivel de reutilización del software es todavía escaso en muchos casos, en particular si lo comparamos con lo que ocurre en otros entornos tecnológicos, incidiendo este fenómeno negativamente también en los costes de producción.

La importancia de las tecnologías informáticas y la necesidad de aumentar la inversión en las mismas ha sido recogida también en otros estudios. Así, el informe sobre investigación británica en informática (3) establece, entre otras recomendaciones, que "la investigación en Informática será imperativa para el Reino Unido en el siglo actual, dado que esta disciplina evoluciona aceleradamente y ofrece retos intelectuales profundos que es necesario abordar para mantener la competitividad tecnológica y económica del país".

Finalmente el Programa IST del VI Programa Marco de la CE, fomenta igualmente la investigación en tecnologías informáticas por considerarlas centrales para el liderazgo europeo en la "economía del conocimiento" y el desarrollo de la sociedad de la información que propugna, destinando en torno a un tercio del presupuesto de investigación del primer programa de trabajo a tecnologías informáticas como interfaces multimodales, sistemas de conocimiento basados en la semántica, ambiente inteligente, sistemas grid, computación molecular y cuántica, etc.

Es evidente que existe mucho trabajo que hacer en este campo desde un punto de vista científico, como ha sido puesto de manifiesto por algunos de los informes citados anteriormente. España ocupaba en 2001 la posición duodécima de la clasificación europea de producción científica. Esta situación se debe mejorar si queremos que el país ocupe una posición más competitiva en el contexto internacional. Por otra parte, nuestra situación actual respecto al número de centros e investigadores puede considerarse aceptable. En los últimos años se han creado una gran cantidad de centros universitarios en los cuales puede potenciarse una investigación de calidad en estos temas. Existen grupos consolidados de una buena calidad científica en diversos campos y otros con una buena presencia nacional e internacional, los cuales pueden servir de base para ayudar a mejorar el nivel y productividad de los grupos menos competitivos. Con este programa de I+D+I sobre Tecnologías Informáticas, el Plan Nacional se dota de un mecanismo para fomentar y contribuir a la mejora del nivel científico de nuestros centros.

Como se ha comentado anteriormente, ciencia y tecnología están íntimamente ligadas en Informática. La "ciencia experimental" conduce directamente a la creación de tecnología y ésta puede utilizarse de forma inmediata en la creación de productos informáticos. Sin embargo, la eficacia de los procesos productivos deja todavía mucho que desear. Desde un punto de vista tecnológico la existencia del programa está también plenamente justificada y debe orientarse a resolver este problema. También la Sociedad de la Información requiere cada vez más nuevos productos y servicios informáticos, cuya construcción debe basarse en sólidos principios científicos y tecnológicos.

En este sentido, uno de los principales objetivos del programa es anticiparse a las necesidades sociales futuras, promoviendo iniciativas científicas de carácter prospectivo. Para lograr las aspiraciones sociales del siglo XXI es necesaria una activa I+D en Tecnologías Informáticas. Los avances técnicos que condujeron a las herramientas informáticas actuales, tales como las redes de computadores e Internet, empezaron con el soporte de los gobiernos a la investigación coordinada entre Universidades y Empresas. Las innovaciones del futuro dependen de realizar ahora una inversión decidida y paciente en actividades de investigación básica y aplicada que puedan conducir a descubrimientos significativos, y en ocasiones inesperados, de nuevos métodos, técnicas y herramientas, nuevas arquitecturas, nuevas plataformas para prestación de servicios, nuevas tecnologías y nuevas aplicaciones sobre la red, relativas a la utilización y mejora de las redes de comunicación, y escalables.

También debemos resaltar la amplitud de campos y aplicaciones que pueden beneficiarse de los avances en software, dado que éste se encuentra presente casi en cualquier mejora tecnológica de todas las áreas de investigación y desarrollo actuales. La innovación tecnológica pasa en un alto porcentaje por el desarrollo de software.

El sector de las tecnologías informáticas es sin duda uno de los más dinámicos desde el punto de vista empresarial. El sector está sometido a una fuerte evolución e innovación y va ocupando cada vez más todas las facetas de la sociedad desarrollada. En este sentido resulta difícil encontrar un sector en el cual no sea importante la aplicación de estas tecnologías. Pero, en el marco de este programa, debemos fijarnos sobretodo en el propio sector informático y, especialmente, el dedicado fundamentalmente al desarrollo de software avanzado. Un porcentaje importante de empresas de este sector se dedica a la adaptación al cliente de herramientas o aplicaciones ya existentes. Es necesario fomentar el desarrollo de herramientas y aplicaciones propias, que de solidez a esta industria aun por desarrollar en todo su potencial en España, y dotarla de los mecanismos necesarios para asegurar la supervivencia futura de la misma. En este sentido, se debería potenciar la dedicación por parte de la industria española de recursos a la investigación que favorezcan las exportaciones, minimizando la dependencia exterior.

Se estima que en Estados Unidos, país líder en estas tecnologías, el 30% del crecimiento económico de los últimos años ha sido debido a las Tecnologías de la Información y que sólo la industria del software, en sus diferentes facetas, emplea en ese país a más de tres millones de personas. Aún así, el

informe PITAC mencionado anteriormente, recomienda duplicar en los próximos años las ayudas a la investigación, si quieren seguir siendo líderes en estas tecnologías.

La Comisión Europea ha elaborado en su informe "2002 European Innovation Scoreboard: Indicators and Definitions" un cuadro comparativo de indicadores de innovación en la Unión Europea donde aparecen tanto los relativos a gasto (público y privado) como a su impacto económico y social. Los resultados indican una relación entre la inversión en nuevas tecnologías (los países que más recursos dedican son Suecia, Finlandia, Dinamarca, Reino Unido y Holanda) y su posición en el ranking final (donde los países nórdicos copan los primeros lugares). La situación de los países mediterráneos en general y de España en particular es claramente inferior a su potencial económico.

Si sólo nos centramos en la investigación, los siguientes datos son también significativos: en Alemania se destina un 19% del gasto total en investigación a la informática mientras en Escandinavia se invierte en informática alrededor de un 15%, y porcentajes similares otros países como Francia, Reino Unido o Italia, donde la inversión en TIN es aproximadamente la mitad de la inversión relativa de EEUU. Todas estas cifras son comparativamente muy superiores a la española, para la que se estima un factor diferencial respecto de EEUU de aproximadamente un tercio. En otras áreas el diferencial respecto a los EEUU es menor, situándose aproximadamente en una proporción 1:2, lo que sugiere que la inversión en el área TIN (y en todas las Tecnologías para la Sociedad de la Información) debería ser proporcionalmente mayor que en otras áreas si se quiere alcanzar una convergencia. Las Tecnologías de la Información actúan como un importante catalizador de la economía y la sociedad, existiendo una fuerte correspondencia entre la renta per cápita de un país y el grado de desarrollo de la Sociedad de la Información, o lo que es lo mismo, los países que más invierten en Tecnologías para la Sociedad de la Información son los que más riqueza generan.

Desde el punto de vista empresarial, las tecnologías informáticas están en la base de potenciales nuevos negocios y por tanto de nuevos empleos de alto valor añadido en distintas áreas de la economía. En el 2002, el sector español de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones daba empleo de forma directa a más de 130.000 personas y en torno a 75.000 en el área de servicios informáticos. Como ya se ha mencionado en el 2001 el crecimiento del empleo en Informática fue superior al 9%, mientras que en 2002 se produjo una disminución del empleo en el sector informático del 3,22%. Por tanto, parece adecuada una estrategia que mejore la participación de las empresas en los programas de I+D a la vez que se potencien instrumentos para la creación de nuevas empresas.

La sociedad del siglo XXI precisa un decidido impulso a las TIN para satisfacer sus aspiraciones de desarrollo, para entender los efectos de la actividad humana en el medio ambiente y protegerlo adecuadamente, para armonizar su crecimiento económico futuro, para acercar las administraciones a los ciudadanos o mejorar su salud o educación que, en resumen, no son sino medios para contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas. Desde este punto de vista, es indudable que el desarrollo y despegue armonizado de las TIN será el soporte del sector educativo e innovador, mientras el uso de Internet, la administración, el comercio y la sanidad electrónicas o la e-administración son cada vez más habituales en nuestra sociedad y a corto plazo se desarrollarán nuevos servicios al ciudadano, en respuesta a las demandas sociales.

3 Estructura y objetivos del programa

Se plantean como fundamentales los siguientes objetivos globales, comunes a todas las prioridades científico-tecnológicas que se detallarán posteriormente:

1. Se deberá promover el desarrollo de tecnologías software necesarias para la sociedad de la información del mañana: nuevos métodos, técnicas y herramientas, nuevas tecnologías, nuevas plataformas para prestación de servicios web, nuevas arquitecturas, interoperabilidad de sistemas a nivel semántico. El objetivo es posibilitar la construcción de un software de nueva generación, desarrollado con niveles de industrialización similares a los que se han alcanzado en otros entornos de fabricación.
2. Se deberá abordar la realización de sistemas y herramientas para la construcción de software fiable y de calidad de forma productiva. Los sistemas informáticos desempeñan un papel esencial en la Sociedad de la Información. A medida que la sociedad se implica más en tales sistemas (a través de Internet), aumenta su dependencia de ellos, por lo que la necesidad de asegurar la corrección de su comportamiento se hace patente, no sólo en áreas tradicionales de seguridad crítica donde el coste y las repercusiones que pueden tener un fallo son inaceptables, sino también en el contexto del "software de consumo" que es crucial para el éxito de otros servicios, productos o negocios, etc. En los últimos años, las demandas comerciales de "software de calidad" han crecido más que nuestra capacidad para producirlo, resultando prioritario desarrollar la tecnología necesaria para producir software más eficiente, fácil de mantener, y fiable. El potencial incremento de costes puede verse paliado por un potente uso de la reutilización y los componentes software.
3. El programa favorecerá el desarrollo de soluciones informáticas para dar soporte al "Ambiente Inteligente" promovido por el VI Programa Marco de la CE. Las tendencias a largo plazo en el campo de las TIN pueden verse como la convergencia de la computación y comunicación ubicua con las interfaces de usuario inteligentes y adaptativas, dando lugar a lo que se denomina comúnmente "ambiente inteligente". De hecho, en consonancia con numerosos informes recientes, como el estudio de ITEA sobre Sistemas Intensivos de Software, en el campo de las TIN se considera un aspecto crítico la facilidad de acceso para usuarios no técnicos. Esto se corresponde con una visión del futuro donde toda la sociedad tiene acceso a todos los servicios, en cualquier lugar y cuando lo necesite, con una variedad de dispositivos y servicios capaces de adaptarse al contexto, a las preferencias del usuario y a las restricciones del entorno. Para realizar esta visión, es necesario diseñar dispositivos inteligentes y mejorar todos los aspectos de interacción con el usuario final, incluyendo la interacción en lenguaje natural, adaptación a perfiles de usuario (hábitos), extracción de conocimiento multimedia y aspectos de privacidad y seguridad. En esta línea se promoverán los avances en sistemas inteligentes, interacción hombre-máquina, interfaces y accesos que asuman el uso del idioma castellano y otras lenguas oficiales del estado español.

El Programa se estructurará en nueve prioridades temáticas y en tres Acciones Estratégicas:

Prioridades temáticas:

- Ingeniería de software.
- Tecnologías de soporte y desarrollo de software.
- Sistemas inteligentes.
- Gestión de información.
- Interfaces avanzadas.
- Sistemas distribuidos y abiertos.
- Computación y almacenamiento de altas prestaciones.
- Infraestructuras complejas inteligentes.
- Fiabilidad y calidad en sistemas software.

Acciones estratégicas:

- Ingeniería del lenguaje humano adaptado al castellano y otras lenguas oficiales del estado español.
- Acción estratégica en "Seguridad y confianza en los sistemas de información, las comunicaciones y los servicios de la sociedad de la información", que se establece de forma conjunta para los tres programas del área de Tecnologías de la Sociedad de la Información.
- Acción Estratégica en "e-Ciencia" que implica a otros programas nacionales como son Biotecnología y Tecnología electrónica y de comunicaciones, y se desarrolla de forma común a los tres.

Se presentan a continuación las prioridades temáticas del programa, resaltando en cada una las líneas de actuación más prioritarias. Dichas áreas recogen una versión actualizada de las vertientes de investigación asentadas dentro de este ámbito: Ingeniería de Software, Tecnologías de Soporte y Desarrollo de Software, Gestión de Información, Interfaces Avanzadas, Sistemas Distribuidos y Abiertos, Computación y Almacenamiento de Altas Prestaciones, e Infraestructuras Complejas Inteligentes.

Ingeniería de software

La Ingeniería de Software se ocupa de todos los procesos y herramientas que conducen a la construcción de software, entendido éste como un producto industrial. La importancia científica y tecnológica del área radica en que la naturaleza lógica, no física, del software, lo convierte en un producto todavía no del todo bien comprendido, ni gestionado. Además, en la práctica se tiende a simplificar el proceso de su construcción, por lo que actividades críticas de su desarrollo, como la especificación de requisitos, el diseño y la arquitectura, la validación, etc. resultan insuficientemente gestionadas y ponen en peligro la viabilidad de desarrollos completos desde el punto de vista de la calidad, el coste o el tiempo empleados.

La mejora de la efectividad y la productividad en el desarrollo de software está indisolublemente ligada a la utilización de buenas prácticas de Ingeniería de Software. La situación actual está caracterizada por una amplia distancia entre el estado del arte y la práctica real, por lo que resulta particularmente prioritario investigar e innovar en la aplicabilidad de soluciones teóricas a contextos empresariales.

En la práctica, el uso de técnicas y herramientas se concentra alrededor de la tarea de programar, pero en muy contados casos se extiende a otras fases del desarrollo de software; o si lo hacen, estas actividades se realizan de una manera aislada, no existiendo una integración con el resto. Por esta razón, resultan de particular importancia el desarrollo de procesos y metodologías para la integración de las actividades críticas en el desarrollo de software desde la especificación de requisitos, pasando por el diseño y la arquitectura, hasta las actividades de prueba y mantenimiento, garantizando la consistencia y la trazabilidad a través de estas actividades.

Otro aspecto que requiere una especial atención es la necesidad de convertir el desarrollo de software en una disciplina más predecible y más eficiente. En la actualidad, esta falta de disciplina en la gestión pone en peligro la viabilidad de desarrollos completos desde el punto de vista de la calidad, el coste o el tiempo. Esto concierne, por un lado, a las metodologías ágiles, que minimizan los aspectos burocráticos del proceso de desarrollo y concentran la atención en la gestión dinámica de los cambios y, por otro, a la potenciación de la reutilización de software, sacando provecho de las similitudes entre proyectos, tanto en aspectos funcionales como tecnológicos, y aumentando la capacidad de producción.

Las líneas de actuación que se derivan de las motivaciones y objetivos expuestos, se presentan en los siguientes puntos:

- Conceptos, métodos y lenguajes altamente modulares, flexibles y extensibles para ser adaptados a dominios o sectores específicos y a contextos empresariales concretos. Especial énfasis en proyectos de cooperación que involucren usuarios industriales y académicos para la aplicación de

- resultados teóricos en iniciativas piloto. Gestión cuantitativa (métricas) y cualitativa de la calidad y de los aspectos de producción de software, evidenciando la utilidad de los resultados obtenidos.
- Procesos, metodologías y plataformas para garantizar la consistencia y trazabilidad entre las distintas actividades del ciclo de desarrollo de software. En particular, para el modelado de requisitos funcionales y no funcionales, y cómo éstos se trasladan a la arquitectura y el diseño; especificación de unidades de contratación de software, definición de pruebas de validación y aceptación, coherencia de la documentación en la fase de mantenimiento.
 - Lenguajes de modelación de software a distintos niveles de abstracción, equipados con potentes mecanismos (por ejemplo meta-lenguajes). Estándares para definir conceptos a nivel de negocio, de tecnología de implementación y de servicios transversales. Mecanismos para la transformación de modelos y su automatización. Alineación entre el código y los modelos de alto nivel.
 - Metodologías ágiles, con dinámica de trabajo adaptable a situaciones cambiantes, apropiadas para la cooperación en el desarrollo distribuido. Potenciación de la reutilización sistemática desde las etapas tempranas de concepción y planificación de proyectos. Arquitecturas de dominio y líneas de producto software. Uso de componentes comerciales, componentes de código abierto.

Tecnologías de soporte y desarrollo de software

En esta línea se plantean objetivos que complementan a los que se plantean en el apartado anterior relacionados con la Ingeniería del Software. El énfasis aquí se pone en los avances conducentes al desarrollo de nuevas herramientas que hagan posible un salto cualitativo en el desarrollo del software, tanto en términos de fiabilidad como de productividad, más que en mejorar el uso de la tecnología existente o buscar avances en metodologías, plataformas o modelos propios de la ingeniería del software.

Por su naturaleza, el análisis y predicción del comportamiento fiable del software cada vez más complejo que demanda la Sociedad de la Información debe descansar en fundamentos sólidos que permitan al usuario de los mismos (ingeniero de requisitos, diseñador o gestor) confiar en la aplicación bajo cualquier circunstancia. El estudio de los lenguajes de programación, como el estudio de la lógica subyacente, se relaciona con la potencia expresiva de las notaciones formales, con correspondencia directa entre la sintaxis (programas) y la semántica (lo que significan), y con los medios mediante los cuales se puede analizar (manual o automáticamente) el texto en un lenguaje formal para extraer conclusiones.

En este escenario se necesitan prioritariamente líneas de actuación dirigidas a nuevos lenguajes, teorías, entornos de programación, técnicas formales y herramientas automáticas asociadas que mejoren la productividad y den soporte sistemático y racional al desarrollo del software, incluyendo, entre otras:

- Técnicas de análisis y certificación de código.
- Teorías, lenguajes y herramientas de especificación y verificación de software.
- Herramientas de documentación automática, monitorización, y depuración de programas.
- Metodologías efectivas de síntesis y transformación del código.
- Teorías, lenguajes y herramientas que den soporte automatizado al análisis, simulación y prueba de componentes, así como su agregación dentro de sistemas. Técnicas para agregar componentes demostradamente seguros en sistemas demostradamente seguros.

Las características específicas de los sistemas abiertos y distribuidos, y el tipo de problemas que en ellos se plantean, requieren técnicas y herramientas orientadas al diseño y desarrollo de componentes software reutilizables ("plug and play software"), adaptables y fácilmente extensibles. El problema de reunir componentes heterogéneos y distribuidos se conoce como el problema de interoperabilidad. Para lograr interoperabilidad en la Web, los diferentes componentes software se deben integrar no sólo a nivel sintáctico o estructural sino también semántico. El primero se puede resolver de forma satisfacto-

ria, gracias al soporte que proporcionan plataformas como CORBA o lenguajes como XML, los cuales proporcionan interoperabilidad sintáctica y estructural a nivel de datos. Pero el problema de la interoperabilidad semántica, es decir, la dificultad de integrar recursos que fueron desarrollados utilizando diferentes vocabularios, perspectivas y representación de los datos, no ha encontrado todavía una solución sencilla. Este es un problema recurrente que aparece, a diferentes niveles, en la gestión de la información, la ingeniería del software, los sistemas inteligentes, etc. En esta línea prioritaria se pretende propiciar un salto cualitativo que supere las deficiencias de las soluciones más tradicionales al problema de la interoperabilidad.

Para favorecer una mayor colaboración, accesibilidad y diversidad, se promoverá que los prototipos de las herramientas propuestas que puedan realizarse en el Sistema Público, se desarrollen en un entorno de software libre y sean puestos a disposición pública.

Sistemas inteligentes

El desplazamiento de la Informática hacia los sistemas distribuidos, abiertos y dinámicos que de forma intensiva se está produciendo en los últimos años, ha influido significativamente en las tecnologías que soportan los sistemas inteligentes, al plantear la necesidad de dotar a los mismos de autonomía y de capacidad de comunicación, de manera que puedan dar una respuesta dinámica a circunstancias cambiantes. La Tecnología de Agentes ha comenzado a dar respuestas aplicables a las nuevas demandas creadas por el desarrollo de Internet y los nuevos modelos de comunicación entre usuarios, empresas y administraciones. Así, investigaciones actuales en Web Semántica, Servicios Web, "Grid Computing" y "Peer to peer Computing" están íntimamente relacionadas con los sistemas basados en Agentes. Por otro lado, los sistemas inteligentes basados en agentes son sensibles a la transferencia e innovación en muchas áreas, como los sistemas avanzados de producción, control de procesos, sistemas de telecomunicación, control de tráfico aéreo, gestión de tráfico rodado y transportes, recogida y filtrado de información, comercio electrónico, gestión de negocios, gestión de recursos humanos, defensa, ocio, medicina, y simulación de economías, sociedades y sistemas biológicos. El potencial comercial de los agentes inteligentes ya fue identificado hace unos años por parte de importantes empresas del sector informático, como IBM (programa de I+D en "Autonomic Computing"), Hewlett Packard ("NewWave desktop environment"), Siemens (MECCA, la primera plataforma FIPA-compatible), Microsoft (tecnología de agentes en sus sistemas operativos), Daimler Chrysler (planificación de la producción), etc.

Entre las líneas de actuación prioritarias destacan:

- Arquitecturas y modelos de agentes. Modelos formales y lógicos. Modelos cognitivos y reactivos. Agentes heterogéneos y móviles. Razonamiento y representación del conocimiento.
- Lenguajes de comunicación entre agentes. Estandarización.
- Interfaces Avanzadas de Comunicación.
- Arquitecturas multi-agente. Organizaciones de agentes. Modelos organizativos. Modelos distribuidos de resolución de problemas. Planificación multi-agente y satisfacción de restricciones. Estrategias de Negociación y Argumentación
- Softcomputing. Agentes adaptativos y evolutivos. Tratamiento de la imprecisión y la incertidumbre.
- Aprendizaje automático. Aprendizaje distribuido y colectivo. Razonamiento basado en casos.
- Agentes de Información. Ontologías, personalización y perfiles de usuario.
- Modelos y mecanismos de confianza y reputación. Instituciones electrónicas.
- Modelos de comportamiento social.

Los sistemas inteligentes están relacionados, por la tecnología que permite desarrollarlos o por sus aplicaciones, con una gran cantidad de campos. En particular, tienen importantes conexiones con las siguientes áreas de este programa: Ingeniería del Software, Interfaces y, Sistemas Distribuidos y Abiertos. Entre las otras muchas áreas que pueden usar esta tecnología, podemos citar la Vida Artificial, Robótica, Teoría de la Decisión, Teoría de Juegos, Sociología, Teoría de Organizaciones y Biología.

Gestión de información

La Sociedad de la Información tiene por una de sus principales premisas el acceso y gestión satisfactoria de la información. Fruto de esta creciente demanda, estamos asistiendo tanto a un incremento en el volumen y heterogeneidad del contenido digital (múltiples formatos con diferentes niveles de estructura), como a una mayor sofisticación en su gestión. Este último aspecto incluye la recogida, almacenamiento, recuperación, clasificación, diseminación, personalización, control de acceso o sindicación del contenido.

Con este objetivo, se están difundiendo una nueva remesa de sistemas como los gestores de portales corporativos, los gestores de contenidos, los gestores de conocimiento o las bibliotecas digitales. Aunque con diferentes objetivos, estas tecnologías responden a la necesidad de gestionar de forma eficiente y eficaz crecientes volúmenes de contenido y hacerlos fácilmente accesibles a la audiencia a la que van destinados.

Para que dicha gestión sea efectiva será necesario el desarrollo de las siguientes líneas de actuación:

- Metodologías de modelado de contenidos heterogéneos.
- Autoría y propiedad intelectual.
- Estándares que faciliten la interoperabilidad.
- Meta-datos y procesamiento semántico.
- Contenidos multimedia: indexación, interrogación y recuperación.
- Portales: personalización, adaptación, sindicación, mantenimiento.

Este objetivo es complementario con otros aspectos de los programas nacionales del Área TSI, a saber:

- El programa TIN incluye como acción estratégica, la ingeniería del lenguaje humano adaptado al castellano y otras lenguas del Estado español. Un soporte efectivo de la Sociedad de la Información pasa por considerar los aspectos específicos de cada comunidad a la que va destinada dicha información, y la disponibilidad de herramientas que hagan viable dicha adaptación. Uno de estos aspectos es el idioma.
- El programa de Tecnologías de Servicios para la Sociedad de la Información (TSSI) tiene entre sus objetivos el fomento de los e-Contenidos. Las aplicaciones que allí se desarrollen dependerán para su concepción, gestión y mantenimiento de las técnicas que se conciben dentro del apartado de Gestión de Información.
- El programa TIN incluye como objetivo las Tecnologías de Soporte y Desarrollo de Software. Las premisas sobre las que se asienta este objetivo son también aplicables a los gestores de información, si bien en este último caso, el énfasis se centra en entornos de ayuda a la concepción, personalización, gestión, mantenimiento y diseminación de información multi-formato.

Interfaces avanzadas

Uno de los objetivos más tempranos de la Informática fue acercar los ordenadores a los usuarios facilitando su uso mediante la creación de pantallas gráficas y la utilización de sistemas fácilmente enten-

dibles. Ello ha propiciado el desarrollo de unas técnicas muy elaboradas de expresión gráfica con objeto de representar objetos, fenómenos físicos o procedimientos de forma real y entendible.

El desarrollo de tecnologías que permitan la evolución de las interfaces actuales para facilitar la interacción con los sistemas es de gran importancia en el contexto actual. Habitualmente las interfaces con los sistemas están basadas en un único modo de interacción (Ej. texto, imagen,...). Estos deben evolucionar hacia sistemas multi-modo que puedan interpretar la integración de reconocimiento del habla, escritura, expresión humana, gestos y posible interacción con objetos 3D en entornos de realidad virtual o aumentada.

Los sistemas deben evolucionar de sistemas orientados a la percepción (que procesan linealmente información de sensores) a sistemas cognitivos y, en muchos casos, activos teniendo en cuenta el contexto. Los posibles sensores y periféricos con los que interactúa el usuario tenderán a formar parte del entorno (estarán distribuidos y frecuentemente de muy pequeño tamaño), de ahí el término "ambiente inteligente".

La inteligencia de la interfaz deberá identificar el modelo óptimo de interacción dependiendo de la preferencia y situación. El reto futuro es la eliminación de las barreras que limitan la interacción entre humanos, incluyendo a los que presentan algún tipo de discapacidad, y sistemas para de este modo aumentar la comunidad de usuarios y servicios.

Entre las áreas de interés que conforman actualmente este campo se encuentran las relativas a:

- Realidad virtual y realidad aumentada.
- Visión artificial y tratamiento avanzado de imagen.
- Interfaces multimodales.
- Sistemas avanzados de interacción sensorial (reconocimiento y generación del habla, gestos, escritura...).

Las interfaces avanzadas se relacionan, a través de las tecnologías utilizadas y de sus distintos ámbitos de aplicación, con un amplio abanico de áreas. Dentro del ámbito de este programa podemos mencionar la ingeniería del software, los sistemas inteligentes, la gestión y visualización de información, así como los sistemas distribuidos. En un ámbito más general podemos citar la robótica, las técnicas avanzadas de diseño y producción, los sistemas telemáticos y de telecomunicaciones, los servicios de la sociedad de la información, la medicina y la biología.

Sistemas distribuidos y abiertos

El rápido y profundo desarrollo de los sistemas de comunicación, especialmente de Internet, ha propiciado un desplazamiento de los sistemas y aplicaciones informáticas tradicionales hacia estos entornos, provocando la aparición de nuevos problemas y paradigmas computacionales que afectan prácticamente a todos los campos de la Informática.

En este contexto, es importante destacar el potencial de crecimiento en el desarrollo de los e-servicios, como respuesta a las necesidades presentes y futuras de la sociedad de la información, posibilitados por nuevas tecnologías y estándares (en particular, los servicios web accesibles a través de Internet). Esta área propone nuevos desafíos metodológicos y tecnológicos que incluyen, modelación de e-servicios, desarrollo de plataformas de integración de negocio para la interoperabilidad de e-servicios, arquitecturas abiertas centradas en e-servicios, definición de servicios de intermediación, composición de e-servicios, etc.

Aún siendo lo más importante, este área prioritaria del TIN no se refiere sólo a Internet, sino que incluye también a cualquier otro tipo de sistema distribuido. En particular, debemos resaltar los sistemas empujados, los cuales forman parte ya de gran número de procesos industriales, maquinaria y aparatos

diversos. Muchos de estos sistemas o artefactos tienen como característica común la necesidad de que no se produzcan fallos. El reto en este caso es disponer de herramientas de desarrollo y validación que permitan obtener un software de calidad y fiable. En muchos casos, estos sistemas van a estar ligados a redes de comunicación, por lo que necesitan también de las nuevas plataformas y tecnologías software.

Las líneas de actuación prioritarias son:

- Creación de infraestructuras de soporte para el desarrollo de software y servicios.
- Desarrollo de arquitecturas, sistemas intermediarios (middleware) y herramientas. Arquitecturas abiertas para plataformas y sistemas intermediarios reconfigurables. Plataformas fiables y tolerantes a fallos Integración e interoperabilidad. Componentes COTS. Soporte multimedia en plataformas distribuidas.
- Ingeniería de servicios. Modelación de e-servicios. Metodologías para el desarrollo de e-servicios. Aspectos semánticos en la descripción de un e-servicio. Ontologías y meta-datos. Interoperabilidad y composición de e-servicios como soporte a la integración de negocios (B2B). Arquitecturas de integración e-servicios. Estándares. Aspectos dinámicos en la integración de e-servicios. Calidad de servicio, aspectos transaccionales y de seguridad. Servicios de intermediación: certificación, alojamiento, autenticación, auditoría, rendimiento, etc.
- Desarrollo y aplicación de nuevas formas computacionales Computación móvil y ubicua. Ingeniería de sistemas distribuidos en redes heterogéneas y móviles. Computación en red (Grid Computing).
- Sistemas Distribuidos de Tiempo Real. Modelado, desarrollo y validación de sistemas críticos. Arquitecturas, plataformas e interoperabilidad. Estabilidad y robustez en sistemas empotrados. Tolerancia a fallos.

Como se ha mencionado anteriormente, Internet está influyendo en prácticamente todas las áreas informáticas, por lo que las restantes áreas priorizadas están de alguna forma relacionadas con ésta. Igualmente, los otros dos programas del Área de Tecnologías de la Sociedad de la Información, Tecnologías Electrónicas y de las Comunicaciones (TEC) y Tecnologías de Servicios para la Sociedad de la Información (TSSI), están también relacionados con Internet, aunque el énfasis se pone en aspectos distintos. TEC en la arquitectura de redes y protocolos, TSSI en las aplicaciones y TIN en las tecnologías software.

Computación y almacenamiento de altas prestaciones

Tradicionalmente uno de los objetivos generales de la Informática ha sido proporcionar procesadores cada vez más potentes, así como algoritmos eficientes que resolvieran los problemas en el menor tiempo posible. Podemos decir que el objetivo de diseñar computadores de altas prestaciones siempre estará vigente, dado que existen problemas y aplicaciones computacionalmente complejos que demandan tanta capacidad de cómputo y almacenamiento como sea posible. Además, en la Sociedad de la Información digital la cantidad e importancia de los datos disponibles crecerá exponencialmente. De hecho, la cantidad de información digital que generaremos en los próximos años nos obligará a familiarizarnos con nuevas unidades de medida. Se estima que anualmente se está generando a nivel mundial un volumen de información de 2 Exabytes (2×10^{18} bytes).

En la actualidad, la capacidad de almacenamiento, la potencia de cálculo y el ancho de banda de las comunicaciones son abundantes y su mejora progresiva no presenta límites de agotamiento. La construcción de computadores de altas prestaciones utilizando sólo componentes no especializados está cada vez más cerca. Recientemente se han definido los estándares que permitirán el desarrollo futuro de una nueva generación de computadores que eliminen las barreras actuales a la computación en red (Infini-

Band) y el almacenamiento en red de los datos (iSCSI, iFCP) Estos estándares combinados con el protocolo IPv6 permitirán el diseño de los denominados System Area Networks y la creación de centros de superalmacenamiento.

En esta línea, el énfasis está en:

- las arquitecturas de los procesadores y de los multiprocesadores.
- los clusters y sus redes de interconexión.
- los sistemas de almacenamiento en red de los datos (SAN, NAS).
- los algoritmos y software de base (virtualización de los datos, paralelización automática de aplicaciones) que permitan una resolución eficiente de los problemas.
- las herramientas y entornos para la evaluación del rendimiento y la escalabilidad de los computadores de altas prestaciones, para el desarrollo de aplicaciones que accedan a recursos computacionales geográficamente dispersos (computación en red), así como la visualización y simulación de los fenómenos físicos o los procesos tratados.

Infraestructuras complejas inteligentes

El marcado carácter horizontal de las tecnologías informáticas permea un buen número de infraestructuras y sistemas complejos a los que dota de un comportamiento ágil y eficaz, a menudo denominado "inteligente". Su utilización y ventajas destacan de manera especial en aquellas infraestructuras que por su complejidad, dimensión o coste hace inviable su gestión manual.

En este ámbito nos referimos a aquellas tecnologías que, aplicadas a las infraestructuras de transporte (aérea, terrestre, ferroviaria o marítima), de energía (electricidad, hidrocarburos, nuclear), de producción agraria o industrial transforman de manera esencial la capacidad, eficiencia, seguridad y bienestar que hasta el momento venían prestando. De especial relevancia son aquellas infraestructuras y sistemas de zonas altamente urbanizadas con elevada densidad de población que, a menudo, se encuentran en situaciones cuasi límites y que hacen ostensibles sus fragilidades cuando se producen situaciones extraordinarias, planificadas o no (caos circulatorio con una cumbre política y en cada una de los períodos vacacionales, caída de infraestructuras eléctricas por picos de demanda, escasa coordinación en mantenimiento de viales urbanos, etc.).

Para ello es necesario realizar un esfuerzo en la investigación y desarrollo tecnológico en sistemas complejos formados por multiplicidad de subsistemas electrónicos, de comunicaciones e informáticos distribuidos, multifabricante y a menudo con requisitos de funcionamiento muy constreñidos en el tiempo, cómo dichos subsistemas se integran e interoperan para la prestación de servicios y cómo evitar que esta complejidad provoque problemas de integridad de la información, seguridad de funcionamiento y elevados costes de administración y gestión.

Fiabilidad y calidad en sistemas software

Cada día es más obvio que el software controla partes esenciales de nuestras vidas, aunque por otra parte se detectan más errores en sistemas debidos a fallos software (lanzadera Ariane, sondas a Marte, etc.). Se puede decir que los errores de software causan las catástrofes con pérdidas económicas más graves (en torno a un 8.8%), después de los incendios, terrorismo, huracanes, y terremotos, y empatados con las caídas eléctricas y las inundaciones. El factor sería aún mayor si considerásemos también la pérdida de tiempo y la frustración de los usuarios cada vez que se ven obligados a reiniciar el sistema para recuperar un estado estable del mismo, por no hablar de las repercusiones que esta operación puede tener en un entorno abierto y global como Internet.

En realidad, la tecnología existente de desarrollo de software o bien no es capaz de ofrecer una fiabilidad completa o bien su implantación no ha llegado a las empresas productoras de software. Este problema no es sólo abordado desde una perspectiva académica, ya que las empresas que desarrollan software en España identifican que existen problemas comunes en garantizar una adecuada calidad del software. Esto tiene consecuencias negativas en el sector en general, ya que muchos recursos se desvían a tareas de mantenimiento correctivo, perdiéndose oportunidades de negocio y competitividad en el ámbito internacional. De hecho, parece asumido que no es posible y/o rentable generar un software de alta calidad y que hay que aceptar aplicaciones y sistemas con errores significativos. En contra a este sentimiento, se han documentado suficientes experiencias en la materia para pensar que es posible establecer métodos, lenguajes y herramientas que aseguren la fiabilidad y la calidad del software en un grado considerablemente mayor que el actual. El eventual coste adicional de la fiabilidad queda minimizado gracias a la reutilización de los componentes software desarrollados.

El objetivo es conseguir una mejora significativa y mensurable de la calidad del software producido en España, innovando en los procesos de desarrollo de las empresas.

Las líneas de actuación incluyen:

- Desarrollo de métodos y herramientas que favorezcan el desarrollo de software fiable y de calidad, con especial relevancia de los métodos rigurosos y formales. Entre ellos podemos mencionar dos modelos:
- Aquellos tendentes a la generación directa de un software fiable.
- Aquellos que permiten la evaluación, a poder ser automática, del software desarrollado y proponen las correcciones a realizar.
- Aquellos que facilitan la adaptabilidad y evolución del software
- Experiencias en la transferencia de tecnología de dichos métodos y herramientas a desarrollos industriales.
- Promover mediante acciones complementarias u otros mecanismos las certificaciones de calidad según modelos contrastados.
- Concienciación a las empresas a través de seminarios de divulgación y de capacitación.

ACCIÓN ESTRATÉGICA SOBRE INGENIERÍA DEL LENGUAJE HUMANO ADAPTADO AL CASTELLANO Y OTRAS LENGUAS OFICIALES DEL ESTADO ESPAÑOL

Un tema prioritario en la agenda de investigación internacional es la mejora de las interfaces hombre-máquina, incrementando el uso del lenguaje natural y reforzando la capacidad del sistema para responder mediante lenguaje natural hablado y escrito. De especial interés es el diseño de técnicas de procesamiento del texto asociado al lenguaje natural para la implementación de motores de búsqueda en sistemas de información avanzados.

En el contexto español, esto se puede concretar en la mejora de la base tecnológica que soporta el reconocimiento y procesamiento del castellano y otras lenguas oficiales del estado español, la traducción de voz a texto y viceversa, la interpretación de comandos de voz, el discurso espontáneo, los sistemas de diálogo, la utilización del lenguaje natural para la búsqueda de información en bases de datos, etc.

Las actividades en esta acción se encuadrarán en un rango que abarca desde la investigación básica en áreas como el aprendizaje automático, la lingüística computacional (análisis sintáctico y expansión semántica, entre otros), o el diseño de motores de búsqueda basados en el procesamiento del lenguaje natural, a temas más aplicados como el trabajo colaborativo y otros cercanos al área de humanidades (comunicación multicultural, etc.). Se plantea que esta acción se realizará en común con el Área de

Humanidades, Ciencias Sociales y Económicas, y tendrá participación de otros agentes nacionales (Real Academia de la Lengua, Instituto Cervantes, etc.)

Algunas de las actuaciones que esta acción abordará son:

- Desarrollo de conversores texto/voz avanzados: Síntesis por "corpus", modelado prosódico dependiente del contexto, generación rápida de locutores.
- Desarrollo sistemas de reconocimiento del lenguaje natural: Modelado acústico, modelado estadístico del lenguaje, gestión de diálogo.
- Desarrollo de tecnologías de procesamiento del lenguaje natural: Uso de ontologías, "part of speech taggers", reconocedores, análisis semántico, traducción automática, etc.
- Desarrollo de tecnologías de verificación e identificación del locutor.
- Demostradores de aplicación de tecnologías a sistemas comerciales: Información turística, banca, etc.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

En Europa ha sido tradicional la creación de centros, institutos e instalaciones de tamaño medio y grande como una herramienta para dotarse de mayor capacidad de investigación y desarrollo en temas que se consideran de gran interés científico o industrial en un momento dado. Esta estrategia está siendo especialmente importante en estos momentos donde la UE ha propuesto, dentro de su VI Programa Marco de Investigación, Desarrollo Tecnológico y Demostración, el concepto de Espacio Europeo de Investigación creando centros de excelencia a partir de centros del mismo carácter en los países miembros. En general, estos centros o institutos han sido necesarios para aglutinar y aumentar el valor añadido de la investigación y conocimiento existente en diversos Centros Públicos de Investigación. Asimismo la concentración de recursos humanos y económicos en dichos centros se considera la forma más adecuada de actuación para alcanzar objetivos más ambiciosos a la vez que se minimizan costes.

Desde un punto de vista general, el CSIC ha sido el organismo de investigación español que ha aglutinado institutos y centros de tamaño medio y grande en las distintas áreas, por ejemplo el CNM en el campo de la microelectrónica. No obstante, salvo el Instituto de Inteligencia Artificial, no existen más centros o institutos dedicados a la Informática. De un total de 4.724 personas (2.797 investigadores, 1.927 de apoyo) trabajando en el CSIC en áreas científico-técnicas, tan sólo 68 trabajan en TIC (42 investigadores y 26 de apoyo.) Aunque en otros campos las Comunidades Autónomas y las propias Universidades han tendido a la creación de nuevos institutos que complementan los centros del CSIC, no es el caso de las Tecnologías Informáticas, salvo unas cuantas excepciones.

En cuanto a las grandes infraestructuras e instalaciones, se detecta la necesidad, común a todas las áreas de investigación actual, de disponer de una potente red académica de investigación, que podría entenderse como una evolución de RedIRIS hacia nuevos servicios de infraestructura integrada. RedIRIS debe evolucionar (y eventualmente complementarse con nuevas redes autonómicas), dotándola de medios y mecanismos de gestión adecuados y cuidando su estrecha ligazón con la administración de la investigación pública española, para que pueda seguir ofreciendo sus servicios de alta calidad e interés a la ciencia española. Conviene analizar su misión para difundir, promover y facilitar la cooperación público-privada en investigación.

Se considera que el Programa Nacional debería incorporar medidas que incentivarán la creación de centros de excelencia en el área de Tecnologías Informáticas, alrededor de algunos de los temas destacados anteriormente como líneas prioritarias o acciones estratégicas o en áreas que se determinaran a

partir de un análisis detallado de las potencialidades de España y oportunidades de futuro en estas tecnologías. Dichos centros posiblemente podrían basarse en grupos ya existentes que aplicarán un proceso de reorganización y coordinación a su actividad con el apoyo del nuevo Programa.

Estos centros podrían ser de diferente naturaleza y podrían ir desde centros de excelencia dedicados a la generación de conocimiento en líneas de interés, asociados o no al CSIC, hasta centros de transferencia de tecnologías, pasando por centros mixtos Empresa-Universidad/OPI, adecuados a la realidad del país o región en donde se ubiquen. En este sentido, debe también prestarse especial atención a la puesta en marcha de acciones que impulsen e incentiven una mayor colaboración entre los grupos de investigación más experimentados y reconocidos de estas disciplinas, que hoy se sitúan en los Centros Públicos de Investigación, y los grupos de investigación de carácter más aplicado pero de larga trayectoria y reconocido prestigio existentes en otras entidades como los Centros Tecnológicos ya que éstos ejercen una muy importante labor de puente entre la investigación y las empresas, algo que en el área de las tecnologías informáticas es fundamental debido a la rapidez de obsolescencia de las tecnologías.

En cualquier caso, su desarrollo será coordinado entre la Administración General del Estado y las Comunidades Autónomas, siendo deseables que todos participen de una organización común y estar coordinados entre sí. Se apunta, por tanto, la posibilidad de crear una red de centros de I+D+I en Tecnologías Informáticas con objeto de fomentar tanto la transferencia tecnológica como el desarrollo de la Sociedad de la Información.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

Los aspectos que se han estudiado, de forma conjunta para todo el área de Tecnologías para la Sociedad de la Información, son los siguientes:

- Recursos humanos.
- Apoyo a la competitividad empresarial.
- Cooperación internacional.
- Fomento de la cultura científica y tecnológica.

5.1 Recursos humanos

Este es el problema identificado como de mayor importancia por la comunidad científica. Para aumentar la calidad científica y tecnológica y mejorar la competitividad empresarial es necesario que exista una mayor masa crítica de investigadores de calidad y una mejor y más amplia disponibilidad de conocimientos y capacidades.

El problema general radica en el diseño de la carrera científica en las áreas de TSI. Lo que les espera a los jóvenes investigadores es una situación que, en comparación con la de sus colegas en otros países, empeorará progresivamente durante su carrera, incluso en el caso de que consigan los mas altos puestos que el sistema puede ofrecer en la actualidad y haber pasado todas las evaluaciones. Mientras que el nivel de las becas en otros países es quizá superior en un 50% (o quizá incluso equiparable en algunas disciplinas) a las nuestras, la situación comparativa va empeorando a medida que se va pasando a puestos más altos en la carrera del investigador. Así, al final, en caso de llegar a catedrático o profesor de investigación, incluso en el caso de tener concedidos todos los tramos docentes, lo que el investigador va a obtener es una situación en la que los sueldos de sus colegas en otros países serán entre un 100% y un 400% más altos.

Esta diferencia es mucho mayor que la que existe entre los salarios españoles y los de otros países de nuestro entorno en prácticamente cualquier otra área de actividad y tiene como consecuencia, aparte de la desmotivación de los jóvenes, una importante desincentivación de los investigadores establecidos en España, lo que les lleva a buscar y aceptar ofertas de otros países. Además, esta situación imposibilita la opción de establecerse en España para investigadores extranjeros, como se refleja por el bajísimo número de investigadores extranjeros entre los niveles más altos del escalafón, quizá el más reducido de todos los países de nuestro entorno.

No obstante, la capacidad de formación de personal científico y tecnológico en el área es incuestionable, egresando cada año un significativo número de doctores y, especialmente, de tecnólogos. Sin embargo, la mayor parte de los doctores han permanecido en las Universidades, lo que ha sido favorecido tanto por el incremento en los últimos años de centros de formación en el área, como por la falta de reconocimiento profesional del título de doctor en las empresas.

Por lo tanto, para responder a la rápida evolución de las tecnologías y a la expansión de sus aplicaciones, es imprescindible promocionar la entrada de nuevos expertos, en las universidades y OPIs y fomentar la transferencia hacia empresas del sector.

En consecuencia, se deben potenciar todos los mecanismos ya empleados y establecer otros nuevos, especialmente aquellos que garanticen el flujo de recursos humanos desde los centros de investigación a las empresas.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

Este es otro aspecto clave que requiere especial atención dentro del Plan Nacional. El sector de TSI es extremadamente competitivo por su propia naturaleza, y precisa de tiempos de respuesta muy cortos para posicionarse en mercados tan cambiantes como los actuales. Esta mejora de la competitividad se debe hacer a través de nuevas iniciativas o de la potenciación y extensión de algunas ya existentes:

- Vigilancia tecnológica: Cooperación de las PYME, a través de sus asociaciones empresariales, con universidades/OPIs en la consultoría científico-tecnológica de actividades emergentes. Fomentar la figura del consultor tecnológico que oriente a las empresas en el proceso de innovación tecnológica en un sector tan cambiante como el de las TSI.
- Complementariedad del fomento de la I+D con las compras públicas. En algunos casos las instituciones y organismos oficiales adquieren importantes infraestructuras y sistemas a empresas en operaciones que apenas suponen valor añadido para el país, con escasa transferencia de tecnología, con el riesgo que ello supone desde el punto de vista de soporte, mantenimiento y servicios asociados a la adquisición.
- Apoyo a la realización de grandes proyectos y establecimiento de mecanismos de financiación a riesgo comercial. La experiencia pasada demuestra la enorme trascendencia que para el desarrollo tecnológico del país tiene una acertada política de fomento de la participación de las empresas y del estamento científico en el desarrollo de los grandes proyectos que, siendo intensivos en el uso de tecnologías avanzadas, llevan a cabo los ministerios inversores. Los grandes programas europeos de adquisición de sistemas en el sector de la Defensa constituyen el paradigma de la afirmación anterior.
- Cooperación con Sectores usuarios de las TSI: Organización de Acciones de difusión y concienciación acerca de las oportunidades que ofrecen estas tecnologías, con una perspectiva orientada al negocio, contando con los Centros Tecnológicos y Asociaciones Empresariales que trabajan para el sector en cuestión.

- Apoyo a la creación de nuevas empresas: Mediante concursos de creación de empresas de base tecnológica en el campo de las TSI, continuidad y potenciación del programa NEOTEC, programas para potenciación de spin-off, emprendedores, viveros de empresas, incubadoras, ... todo ello en colaboración con las iniciativas de las CCAA.

Otro aspecto fundamental de este apoyo se refiere a la adopción de medidas que faciliten la creación de empresas por investigadores del Sector Público, estableciendo una regulación para la creación de empresas de base tecnológica (spin-offs y start-ups) que exploten resultados de I+D de los centros públicos y privados.

- Medidas para animar a las empresas de tamaño medio y grande a diseñar un plan estratégico de I+D, valorando su existencia a la hora de financiar ayudas.
- Convocatorias específicas de cooperación empresas – Centros Públicos de Investigación con financiación adaptada a las necesidades y modos de operación de cada uno de los agentes (empresas o sus asociaciones y OPIs), pudiendo llevar asociados créditos a riesgo comercial.
- Fiscalidad del software: Actualización del concepto de I+D+I en software en la Ley sobre el Impuesto de Sociedades, a la luz de la versión 2002 del manual de Frascati de la OCDE.

5.3 Cooperación internacional

En el momento presente, la programación de actuaciones en Ciencia y Tecnología debe hacerse considerando el conjunto de programas de investigación europeos. Para ello es preciso que se integren esfuerzos en el marco de creación del Espacio Europeo de Investigación a través de:

- La apertura de programas nacionales: Se analizarán las oportunidades de apertura del Programa en el ámbito de la ERANET en dominios temáticos seleccionados, como por ejemplo en la iniciativa para micro y nanotecnologías.
- El Plan reforzará los instrumentos que facilitan la participación en VI PM, especialmente en los nuevos instrumentos: Proyectos Integrados (IP), Redes de Excelencia (NoE).
- Estas medidas tendrán en cuenta las necesidades de grupos de I+D que no tienen la dimensión suficiente.
- Promoción de la participación en organismos internacionales y procesos de normalización en el campo de las TSI (ITU, ETSI, CEN/CENELEC, JTC1, IETF, W3C, OMG, ...).

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

Aunque las Tecnologías para la Sociedad de la Información están presentes en muchas actividades cotidianas y en los medios de comunicación eso no quiere decir que la percepción de la Sociedad de la I+D en estas áreas sea la correcta. En este sentido algunas acciones a realizar pueden ser:

- Incluir entre las condiciones de concesión de ayudas la creación de una página web relativa al proyecto o actuación.
- Existen algunas disfunciones en la percepción de los fundamentos científicos de las nuevas tecnologías por parte de la sociedad que se deberían corregir con planes a largo plazo, incluyendo adaptaciones del sistema educativo (por ejemplo, mediante la enseñanza de la informática en niveles de enseñanza obligatoria). Ello podría conllevar un aumento de las vocaciones científico-técnicas.

6 Relación con otros programas nacionales

Por su carácter horizontal y tecnológico, el Programa Nacional de Tecnologías Informáticas, está directamente relacionado con los otros programas del área de las Tecnologías de la Sociedad de la Información. (Tecnologías Electrónicas y de las Comunicaciones, Tecnologías de Servicios de la Sociedad de la Información). Ello ha podido dar lugar a inevitables efectos de solapamiento, que deben ser contemplados como una oportunidad de cooperación entre Programas.

Las interrelaciones también se observan con una gran parte de los otros Programas del Plan Nacional. De entre ellos podemos destacar los programas nacionales de Tecnologías para la salud y el bienestar (aplicaciones de sistemas inteligentes para la salud, sistemas de información socio-sanitarios, etc.), Biotecnología (Bio-informática), Ciencias y Tecnologías Medioambientales (aplicaciones de toma de decisiones en medio ambiente, análisis de riesgos, etc.), Diseño y Producción Industrial (control inteligente, robótica, etc.) y Humanidades (ingeniería del lenguaje humano).

Programa Nacional de Tecnologías de servicios de la sociedad de la información

1 Ámbito del programa nacional

El Programa Nacional de Tecnologías de Servicios de la Sociedad de la Información (TSSI), tiene por finalidad el fomento de la investigación y desarrollo de tecnologías orientadas a la puesta en marcha de servicios que tengan aplicaciones directas para resolver demandas del mercado. Por ello este programa, a diferencia de otros, se caracteriza por la amplitud en sus ámbitos de actuación y por la variedad y heterogeneidad de sus contenidos. Además, tiene una orientación centrada a la I+D+I en aplicaciones y servicios con resultados mensurables y visibles a corto plazo, con actuaciones que habitualmente se llevan a cabo en cooperación entre diferentes agentes de naturaleza variada.

Así pues, este programa trata de identificar las capacidades y posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías, y, a partir de ello, idear nuevos procesos, nuevos modelos de negocio, nuevos modos de servicios, nuevas interrelaciones que permitan en consecuencia desarrollar nuevos servicios, aplicaciones y contenidos o, en su caso, mejorar o hacer más eficientes los actualmente existentes.

En definitiva, a través de este programa, se pretende que tanto el ciudadano, en primer lugar, como el sistema productivo y la sociedad en general, se beneficien de las ventajas que ofrecen las tecnologías de la información y comunicaciones. De esta manera se flexibilizarían las restricciones espacio/tiempo, se sacaría el máximo partido de los servicios y aplicaciones propias de las nuevas redes de banda ancha y se desarrollarían aplicaciones basadas en la movilidad, que ofrecen a su vez las redes inalámbricas.

Por lo tanto, este Programa Nacional resulta particularmente atractivo dentro del nuevo Plan Nacional de I+D+I cuando se aplican criterios tecnológicos y criterios sectoriales y, más aún, los de interés público aunque, tal vez, y por las razones expresadas anteriormente, tenga menos repercusión desde el punto de vista de los criterios científicos. Su orientación a resolver problemas concretos, hace aconsejable definir quiénes son los usuarios potenciales de los resultados de los proyectos y actuaciones que se lleven a cabo dentro de su ámbito. Éstos son:

- los ciudadanos, últimos usuarios en todos los casos.
- las Administraciones Públicas.
- las empresas, tanto suministradoras de productos y servicios, como receptoras de los mismos (sobre todo PYMES).

2 Justificación de la priorización del programa

El informe de la "Comisión Especial de Estudio para el Desarrollo de la Sociedad de la Información" (Comisión Soto) define a ésta como "un estadio de desarrollo social caracterizado por la capacidad de sus miembros para obtener, compartir y procesar cualquier información por medios telemáticos, instantáneamente, desde cualquier lugar y en la forma en que se prefiera". Además esto sólo es posible gracias al uso intensivo de las nuevas tecnologías de la información.

Las dos características que tal vez mejor definen a estas tecnologías son su horizontalidad y su rápida obsolescencia, o, lo que es lo mismo, su amplio ámbito de aplicación y su corto ciclo de vida.

Desde este punto de vista este programa nacional se convierte en fundamental, no sólo para asegurar sus propios objetivos de desarrollo tecnológico, sino además para facilitar el logro de los objetivos que se plantean en otros programas nacionales.

La Comisión Europea en su plan de acción "eEurope 2005: Una sociedad de la información para todos", plantea el ambicioso objetivo de convertir a la UE en la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica para el año 2010. España, como un país importante de la UE, debe participar de forma activa y decidida en su consecución. Lo que sucede, como queda perfectamente reflejado en el anteriormente citado informe de la Comisión Soto, es que nuestro país no ocupa la posición que le corresponde en el desarrollo de su propia Sociedad de la Información, en comparación con la media de los demás países europeos.

El Sistema español de CTE puede actuar de motor que permita recuperar este atraso, pero para ello es necesario dedicar todos los esfuerzos posibles, tanto desde el sector privado como desde el público, para que las empresas, universidades y centros públicos de investigación, puedan mantenerse en el frente de onda de las nuevas tecnologías electrónicas y telemáticas que, como se ha dicho anteriormente, evolucionan a un ritmo muy superior a las de otros sectores.

Por otro lado, la Comisión Soto en sus conclusiones presentadas el pasado 1 de abril de 2003 presenta la innovación como un aspecto absolutamente fundamental para la sostenibilidad a largo plazo de la Sociedad de la Información. En este sentido, pide explícitamente la coordinación de Plan Nacional de I+D+I con el futuro Plan de fomento de la Sociedad de la Información ya que en otro caso quedaría incompleto, limitando su verdadero potencial.

Por último, y en línea con las recomendaciones de la Comisión Europea en su plan de acción "eEurope 2005", la Administración española ha puesto en marcha un "Plan de Choque para el Impulso de la Administración Electrónica en España" que pretende liderar en un aspecto de tanta importancia como el de mejorar la administración pública, citando expresamente la necesidad de disponer de todas las tecnologías necesarias para ello.

En resumen, el interés social asociado a los beneficios que reportaría a nuestro país el desarrollo pleno de la Sociedad de la Información, la necesidad de dominar unas tecnologías novedosas y de rápida evolución, y el carácter horizontal de las mismas, que trascienden al ámbito planteado para este Programa Nacional, justifican su inclusión en el Plan Nacional de I+D+I 2004-2007.

2.1 Criterios económicos y sectoriales

Las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) actúan como un importante catalizador de la economía y la sociedad, existiendo una fuerte correspondencia entre la renta per cápita de un país y el grado de desarrollo de la Sociedad de la Información, o lo que es lo mismo, los países que más invierten en TIC son los que más riqueza generan.

Se prevé que el mercado mundial TIC alcance durante el año 2003 los 2.700 millones de euros, es decir, un 24,5 por ciento más que en 2002.

Como indica el Centro de Predicción Económica de la Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas de la Universidad Autónoma de Madrid (CEPREDE), la Comisión Europea ha elaborado un cuadro en el que se recogen los principales indicadores de innovación para los países de la Unión Europea en 2002. Los indicadores más destacados que se han seleccionado han sido, entre otros, el gasto público en I+D, el gasto TIC como porcentaje del PIB, el ratio de acceso a Internet en los hogares europeos, etc. Las principales conclusiones que se pueden extraer del cuadro son las siguientes: los países nórdicos, Suecia, Finlandia y Dinamarca, son los países más innovadores de Europa, ya que destinan una mayor porcentaje de recursos a este fin, junto con el Reino Unido y Holanda. España ocupa las últimas posiciones dentro del grupo de países de la Unión Europea. Se puede apreciar la brecha existente en el entorno europeo entre los países mediterráneos y los países del norte de Europa.

Mientras que para EE.UU., Japón y Reino Unido, el mercado de las TIC en 2001 suponía un 8,2, 9,0 y 8,6 por ciento del PIB respectivamente, para España suponía un 4,4 por ciento sobre el PIB. Asimismo, el gasto en TIC per cápita en 2001 de EE.UU., Japón y Reino Unidos alcanzaba los 2.822, 2.231 y 2.212 euros respectivamente, mientras que en España no alcanzaba 1.000 euros. En ambos casos nos situamos muy por debajo de la media de la Unión Europea y lo mismo ocurre si nos referimos a los datos de mercado de las TI sobre el PIB, Gasto en TI per cápita y Mercado de las Telecomunicaciones sobre el PIB.

El sector español de electrónica y telecomunicaciones, definido éste como aquellas actividades de investigación, desarrollo, fabricación, integración, instalación, comercialización y mantenimiento de componentes, subconjuntos, productos y sistemas físicos y lógicos, fundamentados en la tecnología electrónica, así como la explotación de servicios basados en dichas tecnologías, la producción y difusión de contenidos soportados electrónicamente y las aplicaciones de Internet, alcanzó según datos de ANIEL en 2002, en términos de mercado, una dimensión de 71.153 millones de Euros. Esta cifra ha supuesto un incremento del 2,5 por ciento respecto del ejercicio 2001, lo que confirma la tendencia iniciada en el ejercicio anterior cuando se produjo un punto de inflexión en el crecimiento experimentado en años precedentes.

El mercado de los servicios de telecomunicaciones (servicios portadores y telefonía, servicios móviles, transmisión de datos, servicios de telecomunicaciones por cable y servicios de valor añadido) tuvo un mejor comportamiento, dado que alcanzó los 29.926 millones de euros, con un incremento del 13 por ciento respecto a 2001. Por su parte, el mercado de servicios audiovisuales cayó cerca del 3 por ciento, con un valor de 5.736 millones de euros.

Estos datos demuestran la importancia del sector pero, asimismo la necesidad de dotar a la industria española, de los mecanismos necesarios para asegurar la supervivencia futura de la misma durante los períodos de recesión como el actual.

Desde otra perspectiva, por segundo año consecutivo, en 2002 descendieron tanto la importación como la exportación. Pero, frente al retroceso del 4 por ciento del ejercicio 2001, el pasado año la importación cayó un 14 por ciento (10.677 millones de euros) y la exportación un 15 por ciento (3.967 millones de euros). Por tanto, la asignación de fondos, tanto públicos como privados, dedicados a I+D+I es necesaria para mejorar en el futuro la situación de nuestra balanza comercial. En este sentido, sería deseable que se potenciara la dedicación por parte de la industria española de recursos a la investigación que favorezcan las exportaciones, minimizando la dependencia exterior. El esfuerzo de la industria electrónica y de telecomunicaciones en I+D creció un 11% en 2002 con respecto al año anterior y se situó en 1.181 millones de euros motivado en su mayor parte por el esfuerzo inversor de los operadores de móviles en la 3G, y se cree que aún puede crecer más con una gestión de programas de I+D

La mejora deseable que debe producirse en el nivel tecnológico de las empresas redundará en una mayor capacidad para competir a nivel europeo y en el incremento de su capacidad de adaptación al

mercado tanto interior como exterior. Asimismo, en los últimos tiempos hemos asistido dentro del marco de la globalización económica, a una externalización de los centros productivos que ha influido fuertemente en la naturaleza de la propia industria de nuestro país, especialmente de los grandes centros de producción, de forma que cada vez más se focaliza en la búsqueda de nuevos desarrollos de servicios y aplicaciones con el consiguiente esfuerzo de I+D, que debe ser competitivo a escala global.

En este contexto, puede jugar un papel fundamental el nuevo modelo del sector que va a definir la transposición de las directivas comunitarias y en particular la nueva Ley General de Telecomunicaciones y la futura Ley de Audiovisual, máxime al darse la paradoja de que nuestro país sigue todavía en términos de penetración de servicios TIC, muy por debajo de la media de la Unión Europea. Los esfuerzos que se están realizando para reactivar el Plan INFO XXI a la luz del informe de la Comisión Soto ayudarán en este diferencial.

2.2 Criterios de interés público

Es indudable que el desarrollo de las TSSI será uno de los soportes de la futura Sociedad de la Información, donde se desarrollarán nuevos servicios al ciudadano. La Europa del siglo XXI precisa de un decidido impulso de las TSSI para satisfacer sus aspiraciones de desarrollo, para armonizar el crecimiento económico futuro, para acercar las administraciones a los ciudadanos y para mejorar su salud, educación y calidad de vida.

Asimismo, las nuevas tecnologías son una fuente generadora de nuevos negocios y por tanto de nuevos empleos de alto valor añadido en distintas áreas de la economía. Las áreas de las Comunicaciones y la Electrónica son un buen ejemplo de ello. También hay que tener en cuenta la importancia del sector en la creación y mantenimiento del empleo directo e indirecto. En 2002, el empleo directo de la industria electrónica y de las telecomunicaciones se redujo un 5 por ciento, fundamentalmente a causa de los recortes en el área de Telecomunicaciones. Sin embargo, el empleo en el sector informático creció un 9% en 2001. Al cierre de 2002, el sector empleaba de forma directa alrededor de 150.000 personas. De ellas, más de 10.000 trabajaban en las áreas de investigación, desarrollo e innovación. Adicionalmente a la cifra de empleo antes mencionada, habría que añadir más de 75.000 personas del área de servicios informáticos. Con el objetivo de incrementar la masa crítica de este personal investigador que redunde en la mejora de la situación del sector en el futuro, el Programa TSSI debe buscar nuevos mecanismos que permitan un mayor y mejor acercamiento de la PYME a los Centros Públicos de Investigación, para conseguir optimizar sus esfuerzos en I+D.

3 Estructura y objetivos del programa

El objetivo fundamental de este Programa Nacional es facilitar todos los medios oportunos para que el sistema español de CTE pueda proporcionar de forma continua los avances científicos, tecnológicos y de innovación necesarios para el pleno desarrollo en nuestro país de la Sociedad de la Información.

Así, el Programa Nacional se presenta como un complemento al Programa de Actuaciones España.es (plan de fomento de la Sociedad de la Información, continuador de InfoXXI), en el sentido de que mientras que las actuaciones propuestas en éste contenidas pretenden estimular la demanda de la sociedad (ciudadanos, empresas, administraciones públicas), el Programa Nacional debe centrarse en estimular la oferta, mediante el desarrollo de tecnologías, servicios y aplicaciones innovadoras, que den satisfacción a las citadas recomendaciones, algo de suma importancia en palabras de la Comisión Soto.

Intentando concretar el enfoque de los objetivos más específicos del programa nacional, este podría prioritariamente centrarse en los avances científicos y tecnológicos que se refieren a la provisión de:

- Servicios electrónicos para el ciudadano que mejoren su calidad de vida y sus relaciones con las administraciones públicas.
- Sociedad de la Información para todos y desde todos los puntos de vista, ofreciendo una variedad de servicios en castellano y en las demás lenguas oficiales del estado.
- Digitalización de las empresas para conseguir un aumento de su competitividad y una ampliación de su oferta de productos y servicios a los ciudadanos.

Por otro lado, el alcance de la telefonía móvil como herramienta de difusión de mensajes y contenidos multimedia no tiene parangón en comparación con otras tecnologías, abarcando actualmente 32 millones de usuarios. Además, el despliegue de los nuevos sistemas de banda ancha 3G, va a dar lugar a un gran número de nuevas aplicaciones y servicios. En conclusión, existe un objetivo adicional a todos los anteriores que es asegurar una mayor movilidad de todas las tecnologías y servicios de la Sociedad de la Información.

De igual forma, se considera como un objetivo general del programa lograr un mayor uso del software libre por parte de todos los agentes de la sociedad, para lo que se realizará una promoción de su utilización. Casos históricos tales como el del servidor Apache y el sistema operativo Linux, que han contribuido de manera importante al desarrollo tecnológico de Internet, han demostrado que software bien estructurado y con fuente abierta puede alcanzar un nivel de calidad y extensión en su distribución comparable al software propietario. Por ello, se consideran de especial interés aquellas propuestas en las áreas prioritarias de este Programa con base, desarrollo y resultados software de fuente abierta. Igualmente se valorará la difusión de los mismos a través de comunidades que permitan su evolución y difusión de forma eficiente, la creación de repositorios específicos, herramientas de búsqueda, etc...Son también de interés aquellas iniciativas de utilidad para articular la estrategia en áreas en las que el modelo de fuente abierta combinado con principios arquitectónicos y de estructura de datos comunes puede tener un gran potencial (ej. administración pública) al reducir duplicidad en los desarrollos y facilitar la convergencia hacia la interoperabilidad.

Consecuentemente con lo expuesto anteriormente, se han identificado cinco prioridades temáticas, un Subprograma Nacional y dos acciones estratégicas, una común a los tres programas nacionales del área, y la otra específica de este programa:

- e-negocio.
- e-pyme.
- e-formación.
- e-administración.
- e-hogar.
- Subprograma Nacional de e-contenidos.
- Acción estratégica sobre e-inclusión y e-asistencia.
- Acción estratégica de "Seguridad y confianza en los sistemas de información, las comunicaciones y los servicios de la sociedad de la información", común a los tres programas del área.

e-Negocio

Introducción

El nivel de desarrollo y diseminación alcanzado por la Sociedad de la Información, estará en gran medida condicionado por el desarrollo efectivo del e-Negocio.

La evolución de nuestra sociedad, la generación global de riqueza, y hasta la conformación de nuestro modelo vital, son aspectos íntimamente ligados a la evolución de las relaciones de negocio en nuestro entorno. Este hecho, se hace más determinante en nuestro desarrollo como sociedad, cuanto más tendemos hacia un mundo globalizado.

Por tanto, parece clara la importancia que en el desarrollo futuro de la Sociedad de la Información, tienen los aspectos relacionados con el e-Negocio, entendido éste en su más amplia acepción. Hay que tener en cuenta que todos los protagonistas (personas físicas, jurídicas, empresas, organizaciones, administraciones públicas, entre otras). Así, una relación de negocio básica no es más que el mutuo acuerdo establecido entre dos agentes, que comporta y supone un compromiso de intercambio de bienes o de servicios, en un marco espacio-temporal dado.

Objetivos

Cuando el tipo de compromisos descritos en la introducción se establecen electrónicamente, estamos en presencia de una instancia de e-Negocio.

El objetivo que se pretende obtener, es el de profundizar en el conocimiento y adquisición de las tecnologías necesarias que permitan el desarrollo de las herramientas y procedimientos informáticos necesarios, para conseguir la plena integración del concepto de e-negocio en las relaciones comerciales dentro de la sociedad española.

Líneas de actuación

El desarrollo del e-Negocio va vinculado a la profundización en los modelos de la relación y su vinculación con los procesos internos de gestión de la compañía. El futuro del negocio en general, y del e-Negocio en particular, va a ir ligado a la evolución de los ERP (Enterprise Resource Planning), la extensión de los CRM (Customer Relationship Management) y a la mejora en la interacción con el cliente a través de interfaces muy cómodas.

Otro de los ámbitos de desarrollo del e-Negocio está vinculado a una gestión de la economía del conocimiento, que sea capaz de activar el valor de los agentes, tanto en procesos formativos (e-Formación), como en la transformación de los patrones de trabajo (herramientas colaborativas y participativas).

Se pueden identificar varios aspectos clave para el desarrollo y la implantación de cualquier entorno real de e-Negocio, y, para ello, se establecen como líneas de actuación prioritarias las siguientes:

1. Herramientas de modelización que permitan conceptualizar y representar nuevos modelos de negocio y el seguimiento completo del ciclo de vida de un producto, en un entorno capaz de reaccionar con agilidad a los cambios.
2. Herramientas e infraestructuras que hagan factible la instrumentación de los modelos de negocio y su vinculación con la logística (control de producción, de cargas, de transporte) aprovechando sistemas integrados de información.
3. Sistemas de inteligencia de negocio y de inteligencia de cliente que saquen el mayor partido a la información sobre el cliente y su comportamiento ante la oferta de una organización.
4. Capacitación de personas y de organizaciones para poder llevar a cabo la correcta explotación operativa de las herramientas y de los negocios soportados por ellas.
5. Aumento de los niveles de seguridad real y de la percepción de seguridad por parte de los clientes finales en los procesos de negocio.

6. Dispositivos y servicios de movilidad que agilicen el acceso a los servicios con independencia del tiempo y el espacio, adecuándose al contexto de uso, profundizando en la aplicación del geoposicionamiento.
7. Herramientas eficaces de gestión de conocimiento que se integren con la estrategia de las organizaciones y con las plataformas de gestión documental y de formación.
8. Identificación de métodos y herramientas de medición del grado de empatía del cliente con la interfaz virtual que le da acceso al e-Negocio.
9. Arquitecturas avanzadas de integración de sistemas.

El desarrollo efectivo de esta prioridad científico-tecnológica, deberá ser llevada a cabo por todos y cada uno de los actores del Sistema español de CTE. En lo concerniente al mundo empresarial, es evidente que no todas las empresas tienen actualmente un mismo nivel de entendimiento y de dominio de las tecnologías asociadas al e-Negocio.

Refiriéndonos particularmente a las PYMEs, y con el doble objetivo de que éstas se capaciten para su plena inmersión en el mundo del e-Negocio, y que al mismo tiempo puedan, con sus propios desarrollos, contribuir eficazmente a los objetivos planteados en este capítulo, se considera necesario que el Programa Nacional de Tecnologías de Servicios de la Sociedad de la Información preste una atención particular a estos aspectos. Por esta razón se define una segunda prioridad científico-tecnológica en relación con el e-Negocio con el título de e-PYME, tal como se detalla a continuación

e-Pyme

Introducción

El desarrollo de las TIC en el mundo empresarial varía con el tamaño de la empresa. Mientras que las grandes empresas presentan un desarrollo tecnológico más avanzado a la hora de incorporar las TIC en sus procesos de negocio, la integración de las PYMES en la Sociedad de la Información, con un nivel de desarrollo muy inferior, se ve dificultada por la falta de aplicaciones específicas que puedan resolver sus problemas y por la falta de personal adecuado para llevar a cabo su implantación.

Objetivos

El objetivo final de esta línea es conseguir que las PYMES "informaticen" sus procesos internos de negocio mediante la incorporación de aplicaciones, que les permitan interactuar e integrar sus relaciones con otros agentes (empresas, clientes, empleados, Administraciones). Para ello, es imprescindible impulsar la disponibilidad de multiplataformas de Aplicaciones, Servicios y Contenidos adecuados de uso común, gestionados por terceros, que permitan mejorar los actuales procesos de negocio de las PYMES adaptándolos a los nuevos modelos digitales e incrementar así su competitividad.

Líneas de actuación

La estructura de las actuaciones encaminadas a la consecución de los objetivos marcados comenzarían por la identificación de las herramientas o aplicaciones adecuadas, la realización de pilotos y demostradores sobre un número significativo de PYMES con objeto de producir el impacto adecuado y por último, realizar acciones de promoción de las aplicaciones y difusión de resultados hacia el resto de las empresas. Como líneas de actuación dentro de esta prioridad temática, se proponen:

- Desarrollo de modelos ASPs de gestión remota y uso colectivo (Proveedores de Aplicaciones y Servicios por vía electrónica). Dada la heterogeneidad de las PYMES españolas, es necesario identificar procesos o servicios comunes y homogéneos que un número significativo de PYMES realicen con frecuencia, sobre el cual se desarrolle el piloto demostrador. Estas experiencias irían acompañadas de acciones de formación sobre el correcto manejo de las aplicaciones, asesoramiento e implantación y acciones de difusión de resultados y promoción de la experiencia piloto.
- Sistemas de Gestión del Conocimiento. Acciones encaminadas al desarrollo de metodologías, modelos y herramientas de asesoramiento en TIC que faciliten la gestión del conocimiento de las PYMES y que soporten la creación y explotación cooperativa de contenidos digitales. Las experiencias piloto serían desarrolladas en cooperación por un conjunto de agentes, sobre sectores regionales de PYMES.
- Creación de "info-redes" de apoyo permanente a las PYMES y de consolidación de viveros de nuevas empresas en el dominio de las TIC y de los servicios de Internet.

e-Formación

Introducción

El empleo de las posibilidades que ofrecen las Tecnologías de la Sociedad de la Información para flexibilizar las restricciones espacio temporales que conlleva la formación presencial, hace de la formación uno de los campos con mayores posibilidades de desarrollo, investigación e innovación de cara a desarrollar la Sociedad de la Información, y donde mayores ventajas pueden obtenerse con un despliegue sostenido.

Objetivos

El objeto final de esta línea es, por tanto, la puesta en marcha de proyectos innovadores de éxito sobre colectivos con alto potencial de crecimiento, bien porque actualmente estos colectivos realicen un importante volumen de actividad de formación presencial, o bien, porque esa actividad formativa, aun siendo necesaria, no se lleve a cabo por las restricciones anteriormente mencionadas que son intrínsecamente inherentes a la formación presencial.

Líneas de actuación

Para ello será necesario el desarrollo de los siguientes elementos posibilitadores, en especial en proyectos que puedan integrarlos de forma coordinada:

- **Contenidos:** Desarrollo de contenidos formativos específicos, que temáticamente respondan a las necesidades de los usuarios, pero sobre todo potencien la innovación al incorporar las posibilidades interactivas que las nuevas tecnologías ofrecen, y no se limiten a una simple digitalización de soportes existentes.
- **Tecnologías:** Potenciación de las tecnologías que permitan la distribución de los contenidos a los usuarios, y posibiliten las capacidades de comunicación y colaboración entre los distintos agentes que intervienen en un proceso formativo, con particular énfasis en las posibilidades adicionales que ofrecen los sistemas móviles.
- **Servicios y Metodologías:** Desarrollo y contraste de la adecuación de las distintas metodologías de "impartición on-line" que posibilitan los sistemas "e-learning", en relación con la tipología de

los contenidos didácticos, las características de los usuarios, y las tecnologías disponibles. De cara a abordar nuevas metodologías, las tendencias actuales parecen decantarse hacia las posibilidades de mezclar formación on-line con formación presencial, por lo que los proyectos deberían estar en consonancia con estas tendencias.

Los potenciales proyectos a desarrollar coordinadamente, en línea con lo anteriormente expuesto, deben de ir dirigidos principalmente a los tres tipos de usuarios clave en el desarrollo de la Sociedad de la Información (administraciones públicas, empresas, en particular pymes, y ciudadanos) para lo que es imprescindible establecer sinergias con otras líneas de actuación (e-administración, e-negocio, e-pyme y e-hogar respectivamente).

Por último al tener la e-formación un componente intrínsecamente didáctico, puede emplearse como "puerta de entrada" a las aplicaciones inmediatas que ofrece la Sociedad de la Información, al tiempo que, dado que existe una fuerte dependencia idiomática, permite potenciar el empleo tanto del castellano, como del resto de las lenguas del Estado.

e-Administración

Introducción

No cabe duda de que las Administraciones Públicas (AA.PP.), en su conjunto, están llamadas a desempeñar un papel protagonista en los procesos de desarrollo, afianzamiento, expansión y consolidación de la Sociedad de la Información en nuestro entorno geopolítico. Este protagonismo cabe considerarlo desde dos perspectivas:

- Las AA.PP. están llamadas a ser uno de los grandes proveedores de contenidos y de servicios en la nueva Sociedad de la Información. Y por tanto, uno de los mayores utilizadores y demandadores de los nuevos desarrollos tecnológicos, tanto en diversidad como en cantidad, en todo lo referente al ámbito de la e-Administración en la parte que concierne a la interrelación de las AA.PP. con el ciudadano (el A2C o Administración hacia Ciudadano, equivalente al B2C en terminología e-Business).
- Además, es incuestionable que todos los procesos de modernización a llevar a cabo en el ámbito de la gestión de las AA.PP., al igual que en el resto de la sociedad globalizada, deberán apoyarse en los avances tecnológicos que posibiliten la interrelación entre las distintas unidades administrativas, del mismo o diferente nivel de las AA.PP. (el A2A o Administración hacia Administración equivalente al B2B en terminología e-Business).

Objetivos

Las Administraciones General del Estado, Autonómicas y Locales tienen en el uso de las TSI una herramienta fundamental para acercar la Administración al ciudadano. Si bien en los últimos años se ha realizado un meritorio esfuerzo en este sentido, del que son un ejemplo los servicios ofrecidos por la Agencia Tributaria, es conveniente seguir profundizando de forma que se preste un verdadero servicio al ciudadano que vaya más allá del meramente informativo, permitiendo el acceso a expedientes, obtención de certificados, la interacción dinámica hacia y desde los procedimientos administrativos, de, en definitiva la tramitación administrativa por medios telemáticos que evite innecesarios desplazamientos y mejore los tiempos de respuesta y, en general, la calidad del servicio público.

Líneas de actuación

Hay que tener en cuenta que la Administración exige requisitos específicos, a veces diferentes del mundo empresarial, por lo que es necesario realizar un esfuerzo especial en este campo. Para ello será necesario el desarrollo de los siguientes aspectos facilitadores de la e-Administración:

- Procesos de negocio en las AA.PP.
- Metodologías y herramientas para la gestión de la información.
- Middleware.
- Interfaces hombre máquina.
- Modelos y simulación.
- Integración con sistemas de archivo, registro y notificación electrónica.
- Sistemas de cifrado y firma electrónica.
- Medios de pago.
- Desarrollo de mensajes y contenidos multimedia, multiplataforma y multioperador.

En relación con otros objetivos de este mismo programa, existen aspectos coincidentes y complementarios con prácticamente todas las acciones del mismo:

- Respecto a e-Negocio, parece claro que las empresas tendrán que mantener interrelaciones con las AA.PP. a través de los servicios proporcionados por las componentes A2C de la e-Administración.
- Una parte importante de los aspectos genéricos de la e-Inclusión y de la e-Asistencia, dado su carácter de servicio público, y dado que en muchos casos el responsable de la prestación será una Administración Pública, deberán estar coordinados y en concordancia con las acciones de e-Administración que se desarrollen en este ámbito.
- En el área de e-Contenidos, tanto los aspectos relativos a la potenciación de las lenguas oficiales del Estado en la generación de contenidos, como los referidos a las acciones de divulgación y diseminación del patrimonio histórico-artístico y cultural, deberán estar coordinados con las posibles acciones coincidentes a desarrollar bajo la acción de e-Administración.
- Los programas de trabajo anuales de e-Administración y de e-Formación, deberán tener en cuenta las posibles contribuciones cruzadas entre las dos áreas, evitando solapes innecesarios y facilitando el enriquecimiento mutuo.

e-Hogar

Introducción

El hogar es el lugar desde el que se accede con mayor frecuencia a Internet y a la Sociedad de la Información. Sin embargo, en este momento, el acceso desde el hogar esta fuertemente restringida tanto por la falta de dispositivos fiables como por la ausencia de aplicaciones fáciles de utilizar y verdaderamente valiosos. La falta de formación de los ciudadanos en general, pero muy especialmente en el hogar donde resulta más difícil conseguir el asesoramiento adecuado, refuerzan la importancia de lograr desarrollos adecuados.

La facilidad de uso en muchos casos está reñida con una excesiva simplicidad. Existen múltiples aplicaciones en el mercado que, aparentemente, resuelven una serie de problemas puntuales. En muchos casos se trata de sistemas demasiado simples, en los que no se ha prestado atención debida a la integración entre diversos dispositivos, no se consideran aspectos relacionados con la operación y el mantenimiento, etc.

Objetivos

El objetivo de esta línea es el desarrollo de un conjunto de acciones encaminadas a promover nuevos servicios hacia el hogar, en los ámbitos relacionados con los sectores de educación, sanidad, entretenimiento, administración, e infoinclusión.

Líneas de actuación

Para el logro de los objetivos marcados anteriormente será preciso formar equipos multidisciplinares, en los que participen los usuarios y eventuales proveedores de los servicios, de forma que exista un esfuerzo decidido en llevar a cabo experiencias previas a través de proyectos pilotos relacionados con: e-formación, e-trabajo, televigilancia, TV digital interactiva, e-administración desde el hogar, portal de ciudadano, propuestas de servicios y sistemas para discapacitados, jubilados, amas de casa.

El conjunto de sistemas que conforman el e-hogar, constarán de una plataforma de acceso (home-gateway) y una serie de dispositivos, electrodomésticos, equipos de medida y sensores que se comunican con esta plataforma. En muchos casos, el sistema de TV digital (TDT) puede jugar un papel central importante, gracias al desarrollo de la Television Digital Interactiva.

Para conseguir un eficaz y rápido desarrollo de la TDT se hace necesario, actuar en diferente áreas que se enumeran a continuación y que podrían ser objeto de una prueba piloto:

- Desarrollo de software (aplicaciones interactivas) como base diferencial de la televisión analógica y la TDT.
- Desarrollo de nuevos productos con capacidad de almacenamiento propio (TV con disco duro, unidades de disco duro específicos, etc.).
- Desarrollo de descodificadores con software capaz de admitir todo tipo de aplicaciones interactivas.
- Desarrollo de equipos receptores de TV portátiles (móviles) como nuevo concepto de receptor posibilitado por esta tecnología.
- Desarrollo y actualización de nuevos sistemas de recepción.
- Desarrollo de modelos combinados de TV abierta y TV de pago.

Eventualmente, se contempla la posibilidad de desarrollar estudios que analicen los efectos de las TIC en los hogares, así como su potencialidad y el estudio de las necesidades de los hogares de cara a la implantación efectiva de la Sociedad de la Información (e.g. indicadores, informes de investigación específicos etc.).

La televisión digital (incluida también en el Programa Nacional de Tecnología Electrónica y de Comunicaciones) se trata aquí desde la perspectiva de los servicios y las pruebas piloto.

Asimismo, se incluyen en esta línea las actividades relacionadas con los medios de transporte, en particular el automóvil. Es preciso que el mismo ambiente inteligente que se ha desarrollado para el hogar pueda ser trasladado, si bien con las necesarias limitaciones, al vehículo privado.

La migración hacia cualquier medio de transporte conlleva, sin embargo, un conjunto de problemas adicionales, pues es preciso lograr una integración adecuada entre los distintos elementos y subsistemas de estos entornos. Para ello será necesario considerar todos los aspectos interdisciplinares de forma que se logre un conjunto de aplicaciones integrado y que pueda ser útil para el desarrollo de la Sociedad de la Información.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE e-CONTENIDOS

No se entendería el desarrollo de la Sociedad de la Información si, además de infraestructuras, software y hardware, no se dotara a los ciudadanos de contenidos digitales de calidad, así como de sistemas de fácil acceso y de alta eficacia.

Objetivos

Por ello, el objetivo final de este subprograma debe ser, la promoción del desarrollo de sistemas de digitalización, creación, gestión, distribución, comercialización y promoción de contenidos digitales en todos los formatos, teniendo especial consideración por aquellos que más se pueden beneficiar de la tecnología (banda ancha, educación, contenidos multimedia e interactivos), por aquellos desarrollos en los que las comunidades implicadas puedan trabajar para mejorarlos.

Adicionalmente, se deberán impulsar todos aquellos mecanismos que faciliten la localización, utilización y búsqueda de contenidos.

Líneas de actuación

Se estimulará la adaptación de estándares e interfaces a las especificidades de los idiomas y culturas, facilitando también el acceso (XML y formatos unificados).

También se tendrán en cuenta aquellos desarrollos dedicados a integrar los contenidos en las lenguas del estado español en un entorno internacional multilingüe para que puedan encontrarse con facilidad y desarrollarse en un entorno global, mirando especialmente hacia aquellas zonas con las que compartimos idioma y hacia aquellas comunidades que estudian o tienen interés por las mismas.

Se debería promover especialmente el desarrollo de nuevos lenguajes e interfaces que hagan más fácil la utilización de los contenidos (y en la práctica de la propia tecnología).

Se primarán proyectos piloto que desarrollen específicamente contenidos para el área digital, dando mayor importancia a aquellos contenidos que tengan en cuenta canales múltiples (además de Internet, telefonía móvil, televisión interactiva u otros canales) y permitan mejorar los procesos de producción.

Los desarrollos abiertos sobre los que la comunidad pueda trabajar recibirán especial atención.

ACCIÓN ESTRATÉGICA DE E-INCLUSIÓN Y E-ASISTENCIA

El desarrollo de la Sociedad de la Información debe promover la cohesión social y territorial, aprovechando las nuevas tecnologías para facilitar la integración de determinados colectivos con necesidades específicas (discapacitados, personas mayores, mundo rural.....).

e-Inclusión

Objetivos

El objeto de esta línea es favorecer la creación de soluciones integradas por TIC dirigidas a diversos colectivos desfavorecidos y con necesidades específicas, tanto de carácter temporal como permanente o crónico, con el fin de alcanzar la máxima cohesión social y geográfica. Para conseguir este objetivo es necesario potenciar el desarrollo de aplicaciones de tecnologías asistivas, desarrollo de software

y de aplicaciones que cumplan con los estándares de accesibilidad, con la característica de ser fácilmente extensibles y replicables.

Líneas de actuación

La variedad de colectivos y ámbitos de aplicación de esta línea puede dar lugar a un número elevado de actuaciones. Por ello, es necesario identificar en primer lugar las aplicaciones adecuadas para dar solución a las necesidades específicas de los colectivos a que van encaminadas, realizar experiencias piloto que produzcan un efecto demostrador importante, y desarrollar las acciones de difusión adecuadas para conseguir que su incorporación se realice al mayor número de usuarios. En este sentido, para favorecer la incorporación en el mercado de las soluciones adecuadas, se estima necesario el impulso de "Centros de Excelencia" que actuarían como pioneros y como bancos de pruebas de las herramientas y aplicaciones que se fuesen desarrollando (financiados con fondos públicos y privados, mediante contratos o alguna otra fórmula específica). Se proponen como acciones prioritarias, entre otras:

- Desarrollo de herramientas accesibles con estándares de "Diseño para Todos" que garanticen la accesibilidad a todo tipo de servicios electrónicos suministrados por cualquier medio, incluidos los basados en el acceso a Internet de banda ancha, comunicaciones móviles o TV Digital.
- Desarrollo de tecnologías y herramientas asistivas, que proporcionen calidad de vida adecuada a colectivos discapacitados, con la posibilidad de adaptarse a situaciones concretas en función de las necesidades de los colectivos a que van dirigidas.
- Desarrollo de herramientas y aplicaciones destinadas a facilitar la inclusión social de los habitantes de las zonas rurales.
- Desarrollo de aplicaciones para dar soporte a procesos asistenciales dentro del sistema sanitario, que permitan atender situaciones de carácter especial de tipo tanto permanente como temporal

e-Asistencia

Objetivos

El objetivo fundamental de las aplicaciones de carácter asistencial es ofrecer al ciudadano la mayor calidad al mínimo coste. Dentro de este objetivo, se tiende a favorecer la prevención contra el tratamiento, a reducir la estancia de pacientes en centros hospitalarios y a evitar, en lo posible, que los ancianos o personas discapacitadas se vean obligados a vivir en residencias de la tercera edad o centros especializados cuando desean y pueden permanecer en sus propias casas bajo ciertas medidas de vigilancia. En todos los casos se consigue una mejora de la calidad de vida de la persona, al tiempo que se contribuye al mejor uso de los sistemas existentes.

En muchos casos, las aplicaciones suelen consistir en mejorar una serie de tareas rutinarias como revisiones, controles, etc. o simplemente una vigilancia preventiva, pero sin originar unos gastos económicos considerables.

El hecho de trasladar ciertos servicios asistenciales, que actualmente se ofrecen únicamente en hospitales y residencias, al hogar, conlleva una mejora de la calidad de vida de los usuarios, incrementa su potencial de rehabilitación, les proporciona mayor libertad, reduce costes dedicados al transporte, y permite ahorrar tiempo y, por tanto, mejorar la productividad del personal sanitario.

Líneas de actuación

El traslado de los servicios asistenciales conlleva la incorporación a la casa del usuario de tecnologías e infraestructuras relacionadas con la vivienda inteligente y la banda ancha.

Todo ello conduce a diseñar servicios para discapacitados, personas con necesidades especiales, o simplemente ancianos y enfermos que puedan ser tratados en su propia casa haciendo uso de redes internas, conectadas al exterior mediante banda ancha, y con multitud de posibles interfaces (y preferiblemente con movilidad y ubicuidad).

Las acciones prioritarias son similares a las propuestas en el programa de e-inclusión, si bien con un mayor énfasis hacia al integración con el sistema sanitario

- Desarrollo de aplicaciones para dar soporte a procesos asistenciales dentro del sistema sanitario, que permitan atender situaciones de carácter especial de tipo tanto permanente como temporal.
- Desarrollo de herramientas accesibles con estándares de "Diseño para Todos"
- Desarrollo de tecnologías y herramientas que proporcionen calidad de vida.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

No se han detectado necesidades relevantes de centros e instalaciones en este Programa.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

Los aspectos que se han estudiado, de forma conjunta para todo el área de Tecnologías para la Sociedad de la Información, son los siguientes:

- Recursos humanos.
- Apoyo a la competitividad empresarial.
- Cooperación internacional.
- Fomento de la cultura científica y tecnológica

5.1 Recursos humanos

Este es el problema identificado como de mayor importancia por la comunidad científica. Para aumentar la calidad científica y tecnológica y mejorar la competitividad empresarial es necesario que exista una mayor masa crítica de investigadores de calidad y una mejor y más amplia disponibilidad de conocimientos y capacidades.

El problema general radica en el diseño de la carrera científica en las áreas de TSI. Lo que les espera a los jóvenes investigadores es una situación que, en comparación con la de sus colegas en otros países, empeorará progresivamente durante su carrera, incluso en el caso de que consigan los mas altos puestos que el sistema puede ofrecer en la actualidad y haber pasado todas las evaluaciones. Mientras que el nivel de las becas en otros países es quizá superior en un 50% (o quizá incluso equiparable en algunas disciplinas) a las nuestras, la situación comparativa va empeorando a medida que se va pasan-

do a puestos mas altos en la carrera del investigador. Así, al final, en caso de llegar a catedrático o profesor de investigación, incluso en el caso de tener concedidos todos los tramos docentes, lo que el investigador va a obtener es una situación en la que los sueldos de sus colegas en otros países serán entre un 100% y un 400% más altos.

Esta diferencia es mucho mayor que la que existe entre los salarios españoles y los de otros países de nuestro entorno en prácticamente cualquier otra área de actividad y tiene como consecuencia, aparte de la desmotivación de los jóvenes, una importante desincentivación de los investigadores establecidos en España, lo que les lleva a buscar y aceptar ofertas de otros países. Además, esta situación imposibilita la opción de establecerse en España para investigadores extranjeros, como se refleja por el bajísimo numero de investigadores extranjeros entre los niveles más altos del escalafón, quizá el más reducido de todos los países de nuestro entorno.

No obstante, la capacidad de formación de personal científico y tecnológico en el área es incuestionable, egresando cada año un significativo número de doctores y , especialmente, de tecnólogos. Sin embargo, la mayor parte de los doctores han permanecido en las Universidades, lo que ha sido favorecido tanto por el incremento en los últimos años de centros de formación en el área, como por la falta de reconocimiento profesional del título de doctor en las empresas.

Por lo tanto, para responder a la rápida evolución de las tecnologías y a la expansión de sus aplicaciones, es imprescindible promocionar la entrada de nuevos expertos, en las universidades, OPIs y fomentar la transferencia hacia empresas del sector.

En consecuencia, se deben potenciar todos los mecanismos ya empleados y establecer otros nuevos, especialmente aquellos que garanticen el flujo de recursos humanos desde los centros de investigación a las empresas.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

Este es otro aspecto clave que requiere especial atención dentro del Plan Nacional. El sector de TSI es extremadamente competitivo por su propia naturaleza, y precisa de tiempos de respuesta muy cortos para posicionarse en mercados tan cambiantes como los actuales. Esta mejora de la competitividad se debe hacer a través de nuevas iniciativas o de la potenciación y extensión de algunas ya existentes:

- Vigilancia tecnológica: Cooperación de las PYME, a través de sus asociaciones empresariales, con universidades/OPIs en la consultoría científico-tecnológica de actividades emergentes. Fomentar la figura del consultor tecnológico que oriente a las empresas en el proceso de innovación tecnológica en un sector tan cambiante como el de las TSI.
- Complementariedad del fomento de la I+D con las compras públicas. En algunos casos las instituciones y organismos oficiales adquieren importantes infraestructuras y sistemas a empresas en operaciones que apenas suponen valor añadido para el país, con escasa transferencia de tecnología, con el riesgo que ello supone desde el punto de vista de soporte, mantenimiento y servicios asociados a la adquisición.
- Apoyo a la realización de grandes proyectos y establecimiento de mecanismos de financiación a riesgo comercial. La experiencia pasada demuestra la enorme trascendencia que para el desarrollo tecnológico del país tiene una acertada política de fomento de la participación de las empresas y del estamento científico en el desarrollo de los grandes proyectos que, siendo intensivos en el uso de tecnologías avanzadas, llevan a cabo los ministerios inversores. Los grandes programas europeos de adquisición de sistemas en el sector de la Defensa constituyen el paradigma de la afirmación anterior.

- Cooperación con Sectores usuarios de las TSI: Organización de Acciones de difusión y concienciación acerca de las oportunidades que ofrecen estas tecnologías, con una perspectiva orientada al negocio, contando con los Centros Tecnológicos y Asociaciones Empresariales que trabajan para el sector en cuestión .
- Apoyo a la creación de nuevas empresas: Mediante concursos de creación de empresas de base tecnológica en el campo de las TSI, continuidad y potenciación del programa NEOTEC, programas para potenciación de spin-off, emprendedores, viveros de empresas, incubadoras, ... todo ello en colaboración con las iniciativas de las CCAA.

Otro aspecto fundamental de este apoyo se refiere a la adopción de medidas que faciliten la creación de empresas por investigadores del Sector Público, estableciendo una regulación para la creación de empresas de base tecnológica (spin-offs y start-ups) que exploten resultados de I+D de los centros públicos y privados.

- Medidas para animar a las empresas de tamaño medio y grande a diseñar un plan estratégico de I+D, valorando su existencia a la hora de financiar ayudas.
- Convocatorias específicas de cooperación empresas – Centros Públicos de Investigación con financiación adaptada a las necesidades y modos de operación de cada uno de los agentes (empresas o sus asociaciones y OPIs), pudiendo llevar asociados créditos a riesgo comercial.
- Fiscalidad del software: Actualización del concepto de I+D+I en software en la Ley sobre el Impuesto de Sociedades, a la luz de la versión 2002 del manual de Frascati de la OCDE.

5.3 Cooperación internacional

En el momento presente, la programación de actuaciones en Ciencia y Tecnología debe hacerse considerando el conjunto de programas de investigación europeos. Para ello es preciso que se integren esfuerzos en el marco de creación del Espacio Europeo de Investigación a través de:

- La apertura de programas nacionales: Se analizarán las oportunidades de apertura del Programa en el ámbito de la ERANET en dominios temáticos seleccionados, como por ejemplo en la iniciativa para micro y nanotecnologías.
- El nuevo Plan reforzará los instrumentos que facilitan la participación en VI PM, especialmente en los nuevos instrumentos: Proyectos Integrados (IP), Redes de Excelencia (NoE).
- Estas medidas tendrán en cuenta las necesidades de grupos de I+D que no tienen la dimensión suficiente.
- Promoción de la participación en organismos internacionales y procesos de normalización en el campo de las TSI (ITU, ETSI, CEN/CENELEC, JTC1, IETF, W3C, OMG, ...).

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

Aunque las Tecnologías para la Sociedad de la Información están presentes en muchas actividades cotidianas y en los medios de comunicación eso no quiere decir que la percepción de la Sociedad de la I+D en estas áreas sea la correcta. En este sentido algunas acciones a realizar pueden ser:

- Incluir entre las condiciones de concesión de ayudas la creación de una página web relativa al proyecto o actuación.
- Existen algunas disfunciones en la percepción de los fundamentos científicos de las nuevas tecnologías por parte de la sociedad que se deberían corregir con planes a largo plazo, incluyendo adaptaciones del sistema educativo (por ejemplo, mediante la enseñanza de la informá-

tica en niveles de enseñanza obligatoria). Ello podría conllevar un aumento de las vocaciones científico-técnicas.

6 Relación con otros programas nacionales

Por su carácter horizontal y tecnológico, el Programa Nacional de Tecnologías de Servicios de la Sociedad de la Información, está directamente relacionado con los otros programas del área de las Tecnologías de la Sociedad de la Información (Tecnologías Electrónicas y de las Comunicaciones, Tecnologías Informáticas). La complementariedad de algunas áreas temáticas se observa como dinamizadora de futuras sinergias y el Plan Nacional debe asegurar que se realiza la coordinación adecuada entre programas.

Las interrelaciones también se observan con una gran parte de los otros Programas del Plan Nacional. De entre ellos podemos destacar los programas nacionales de Tecnologías para la salud y el bienestar (e-asistencia), Diseño y Producción Industrial (domótica, e-hogar) y Programa Nacional de Medios de Transporte (seguridad).

Acción estratégica de "Seguridad y confianza en los sistemas de información, las comunicaciones y los servicios de la sociedad de la información"

Esta Acción Estratégica de "Seguridad y confianza en los sistemas de información, las comunicaciones y los servicios de la sociedad de la información", se establece de forma conjunta para los tres programas del área de Tecnologías de la Sociedad de la Información.

Uno de los mayores desafíos técnicos, sociales y económicos en las nuevas tecnologías es el de fortalecer la seguridad y mejorar la fiabilidad de la información y de las infraestructuras, para así garantizar la confianza de los usuarios en tales tecnologías. La ubicuidad de la computación y de las comunicaciones, la movilidad y el incremento en el dinamismo de los contenidos presentan nuevos escenarios, más complejos que los habituales, en los que se necesitan desarrollar nuevas soluciones, o si acaso, mejorar algunas de las existentes en la actualidad.

Los objetivos de la acción se centran en aumentar la seguridad objetiva de los sistemas de información y las comunicaciones, al considerarse estas parte fundamental de las infraestructuras básicas del país. En este sentido se hace imprescindible mejorar la seguridad real y la seguridad percibida y aumentar el grado de confianza de empresas, ciudadanos y administraciones en las tecnologías informáticas y de las comunicaciones. Debido al hecho de la naturaleza asintótica de la "seguridad total", frecuentemente debe analizarse la relación coste de la solución frente a las posibles pérdidas en caso de "ataque"; deben analizarse riesgos, definir una política de seguridad y de ella derivar los mecanismos y actividades requeridas para su gestión continua.

Las tecnologías incluidas en este apartado incluyen aquellas cuyo objetivo es garantizar la confidencialidad, privacidad, integridad, disponibilidad y aquellas necesarias para la autenticación. Entre ellas cabe mencionar la auditoría, detección de intrusos, protección contra ataques que limiten el acceso, seguridad de almacenamiento y transmisión de información. Algunos mecanismos de seguridad relevantes son la certificación de usuarios, infraestructuras de clave pública, encriptación, control de acceso y confirmación de acciones. La acción incluirá objetivos relativos a I+D+I sobre la identificación digital, identificación de personas, protección de la privacidad en datos y transacciones y nuevos métodos de evaluación, certificación y homologación de seguridad de sistemas de información y de comunicaciones. Algunas de las tecnologías de interés para la investigación en este campo que podrían considerarse son: nuevas tecnologías de criptografía más rápidas y con menor consumo (para ser utilizadas en dispositivos móviles), biométricas (para autenticación más segura), seguridad en comunicaciones inalámbricas, y herramientas para el modelado y pruebas de seguridad.

Los sistemas de información y comunicaciones constituyen una infraestructura clave de la sociedad actual, y por tanto, es imprescindible asegurar su correcto funcionamiento. Las amenazas han aumenta-

do en cuanto a cantidad, complejidad y localización, en una situación en la que no solamente hay que asegurar que los sistemas funcionen tolerantes a fallos, sino que deben ser tolerantes a ataques intencionados (Ciberterrorismo).

Por ello, la seguridad debe entenderse como un elemento constituyente del sistema sin el cual no puede funcionar correctamente, no es una solución reactiva cuando surge un problema, debe ser una parte muy importante a considerar desde el inicio del diseño del sistema. No hay que olvidar que el punto más débil de un sistema es el que determina la seguridad del mismo, y que *es imprescindible contar con un esquema de certificación y acreditación que valide las fortalezas y debilidades de cada componente de cada sistema*. Es necesario en particular reforzar la seguridad de Windows cuando se use para actividades críticas puesto que hoy representa el punto más fácilmente atacable de los sistemas informáticos concentrando más del 80% de los incidentes de seguridad.

En este sentido, es imprescindible asegurar la alta disponibilidad del nivel de red, como medio de asegurar la calidad de los servicios más avanzados, si se pretende que las redes IP sean la base del transporte multiservicio. Las técnicas para conseguirlo se basan en el control de los caminos extremo a extremo mediante la gestión de los encaminamientos, y, utilizadas adecuadamente, pueden ser la piedra angular para conseguir en las redes de datos una robustez comparable a la que ofrecen otras redes.

Las medidas y desarrollos de seguridad de los sistemas para la Administración deberán realizarse conforme a los estándares de certificación del Centro Nacional de Inteligencia (CNI), responsable de garantizar la seguridad de los sistemas de información de la Administración. Deben favorecerse la existencia de estándares semejantes para su uso en el tejido empresarial.

Es necesario corregir el desfase entre la inversión media en seguridad en España del 0,2% del presupuesto de TIC frente al 5% de las recomendaciones de la UE. La situación actual ha generado desconfianza que está actuando como inhibidor en el desarrollo de servicios a través de Internet. Esta acción estratégica debe también tener como objetivo mejorar la seguridad percibida y aumentar el grado de confianza de empresas, administraciones y ciudadanos.

Un elemento básico en este sentido es el de la identificación digital. El DNI electrónico es un elemento clave para garantizar la autenticidad de las transacciones electrónicas y hay que favorecer su uso generalizado como elemento básico de la infraestructura común de seguridad.

Dentro de esta acción estratégica se identifican las siguientes áreas temáticas:

Tecnologías para la identificación personal fácil y fiable

- Sistemas de reconocimiento biométrico, huellas dactilares, reconocimiento de rasgos y formas, patrones de habla, análisis de iris.
- Certificados y firmas electrónicas.
- Protocolos para garantizar la identidad y autenticidad de las partes en redes de comunicaciones.
- Infraestructuras, procedimientos y protocolos de gestión de claves.
- Tecnologías para el almacenamiento seguro de claves: tarjetas inteligentes, tokens seguros, módulos de software, etc.

Tecnologías para el control de accesos

- Protección de sistemas de información: sistemas de control de accesos a recursos, cortafuegos, trampas lógicas, detección de intrusiones, etc.
- Protección de perímetros físicos: salas, edificios, territorios, fronteras, espacios aéreos.
- Protección de recintos virtuales: redes privadas virtuales, extranets, teletrabajadores.

Tecnologías para incrementar la confianza en los sistemas de información y comunicaciones

- Mecanismos para asegurar la confianza en productos lógicos mediante firma digital
- Tecnologías para incrementar la seguridad en el almacenamiento de la información: centros de respaldo, tecnologías de almacenamiento seguras, etc.
- Tecnologías para mejorar la disponibilidad de sistemas de información y comunicaciones en caso de emergencia.
- Mecanismos de protección contra ataques de denegación de servicio.
- Mecanismos de alerta temprana, corrección y respuesta rápida ante ataques impulsivos generalizados.
- Herramientas para formular los objetivos de protección de los sistemas y/o negociar mecanismos de seguridad bilaterales o multilaterales.
- Trusted computing
- Mecanismos de protección de comunicaciones: redes de usuario personalizadas, redes privadas virtuales, ipv6, etc.
- Mecanismos de alerta, corrección y respuesta segura en circuitos y sistemas electrónicos en ambientes de alto riesgo u hostiles (bio-implantes, espacio, ...).
- Mecanismos de protección contra perturbaciones ambientales (defectos, sobrecalentamiento, ruido...) en circuitos y sistemas electrónicos.

Tecnologías para la certificación y homologación de la seguridad:

- Desarrollo de estándares y metodologías para la seguridad en los sistemas de información y en las comunicaciones.
- Bancos y sistemas de verificación de estándares de seguridad físicas y lógicas.
- Sistemas de agresión controlada para la evaluación de seguridad.
- Herramientas de auditoria de la seguridad y análisis de vulnerabilidad.

Tecnologías para la protección de la privacidad y de datos de carácter personal

- Mecanismos de anonimato, inobservabilidad e imposibilidad de vinculación sin comprometer la integridad, disponibilidad ni la responsabilidad.
- Sistemas de aislamiento, interferencia e inhibición electromagnética
- Cifrado y seconfonía
- Protocolos de comunicaciones para garantizar la confidencialidad
- Mecanismo de filtrado de contenidos para niños y detección de contenidos ilegales
- Sistemas y herramientas para facilitar la puesta en práctica y evaluar el cumplimiento de los requisitos de la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal

Tecnologías para la protección de la propiedad intelectual y de protección contra fraudes

- Criptografía y esteganografía
- Huellas digitales, marcado / etiquetado electrónico, marcas de agua
- Mecanismos de protección de software y otras creaciones digitales
- Gestión de derechos digitales (DRM)
- Mecanismos de protección contra fraudes en productos físicos: transpondedores para la identificación, códigos electro-ópticos, seguridad documental.
- Mecanismos de protección contra copia de circuitos integrados y microsistemas.

Tecnologías para la protección y seguimiento de las transacciones

- Tecnologías de pago electrónico sobre redes de comunicaciones fijas o móviles.
- Tecnologías para la trazabilidad de las transacciones físicas (alimentos, moneda, medicinas, armas, etc) y de servicios
- Protocolos de comunicaciones para asegurar y trazar las transacciones electrónicas, impidiendo el repudio de las partes
- Herramientas de auditoria y trazado de accesos
- Tecnologías de terceras partes de confianza
- Tecnologías de sellado de tiempo

Área de Transporte y construcción

Programa Nacional de Medios de transporte

1 Ámbito del programa nacional

El Programa Nacional de Medios de Transporte comprende todas las acciones de investigación, desarrollo e innovación tecnológica dirigidas a promover nuevos conocimientos que permitan el desarrollo de productos, procesos y servicios novedosos en los sectores de la automoción, ferroviario, aeronáutico y marítimo.

El marco de actividad correspondiente al sector de la **automoción** comprende el conjunto de empresas y actividades que intervienen en la fabricación de vehículos para el transporte de personas y mercancías, desde los propios fabricantes y desarrolladores de vehículos, equipos y componentes hasta los de servicios de reparación y mantenimiento y de inspección técnica.

Los ámbitos temáticos asociados a este modo se relacionan a continuación:

- Materiales convencionales y no convencionales, su reciclabilidad e influencia en la capacidad de absorción de energía y peso del vehículo.
- Electrónica, informática y telecomunicaciones para dotar a los sistemas y vehículos de cierto nivel de "inteligencia"; sensores, procesadores, actuadores, sistemas de telecomunicación transmisión y gestión de información a bordo.
- Propulsión: tecnologías energéticas y medioambientalmente más eficientes, nuevos sistemas de propulsión y carburantes alternativos.
- Generación de nuevos productos y mejora de los existentes en producción mediante diseños mecánicos y termodinámicos (estructuras, carrocerías, componentes y sistemas) que mejoren el control y el comportamiento en términos de seguridad, de confort y de impacto medioambiental.
- Investigación de accidentes de carretera, para proponer medidas y acciones concretas en todos los ámbitos implicados. Se respaldará el desarrollo de un programa nacional de accidentología a través y en apoyo de la iniciativa de la Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil (FITSA).
- Tecnologías para la mejora de la productividad de los procesos del vehículo y sus equipos y componentes.
- Tecnologías experimentales para su demostración en competición deportiva y posterior implantación como mejoras de seguridad en vehículos fabricados en serie.

El marco de actividad del sector **aeronáutico** se entenderá extendido a las disciplinas relativas a la aeronave, la infraestructura de apoyo y la operación. Incluye por tanto los temas relativos a la concepción, desarrollo, producción y mantenimiento de los elementos del sistema aeronáutico citados, así como

también las modernas tecnologías de gestión de las actividades industriales sin las cuales no sería posible el manejo de los procesos asociados. Se corresponden por otra parte con los diferentes segmentos de la actividad aeronáutica en España.

Los ámbitos temáticos que dentro del sector aeronáutico serán de atención prioritaria en el presente programa son los siguientes:

- Estudios de nuevos conceptos y configuraciones de aeronaves y su viabilidad con una visión integral de producto y de proyecto.
- Disciplinas y tecnologías específicas que contribuyen a la definición detallada de la aeronave como son la aerodinámica y la acústica, la estructura y nuevos materiales, los diferentes y cada vez más complejos sistemas del avión y equipos embarcados y los sistemas de potencia tanto motores como auxiliares.
- Procesos y sistemas de gestión de ingeniería, producción y mantenimiento incluyendo medios de producción e inspección.
- Actuaciones tecnológicas que incluyen los sistemas de apoyo en tierra e instalaciones aeroportuarias, la gestión y el control de tráfico aéreo y las operaciones.

El sector **marítimo** se considera constituido, por lo que corresponde a este Programa, por las compañías navieras, los astilleros de construcción, transformación y reparación naval de todo tipo de buques y artefactos oceánicos, incluyendo la náutica deportiva y de recreo, los servicios portuarios, las explotaciones pesqueras y de acuicultura y la industria auxiliar dedicada a la fabricación de bienes de equipo, componentes, conjuntos y servicios.

Según esta definición los ámbitos temáticos de aplicación en el sector marítimo serán:

- Nuevos conceptos, configuración, tecnologías y procesos en la operación, gestión, logística y mantenimiento de todo tipo de buques y artefactos navales.
- Diseño y construcción de todo tipo de buques y artefactos navales, incluyendo la industria off-shore, la náutica deportiva y de recreo.
- Mejoras tecnológicas de las infraestructuras y de los servicios portuarios.
- Diseño, fabricación y suministro de componentes, conjuntos, bienes de equipo, sistemas y subsistemas necesarios para el desarrollo de la actividad marítima, incluyendo los desarrollos de las plataformas y artefactos dedicados a la explotación de las pesquerías, acuicultura y demás recursos del mar.

El marco de actividad del sector **ferroviario** será entendido en relación con el Programa Nacional de Medios de Transporte, como el conjunto constituido por la fabricación y mantenimiento de las infraestructuras y material rodante, las empresas operadoras de servicios ferroviarios y las gestión de la infraestructura.

Los ámbitos temáticos asociados a este modo son los que se relacionan a continuación:

- Elementos de transformación y transporte de la energía que alimenta sus equipos de propulsión.
- Material rodante mediante el que se realiza el transporte de viajeros y mercancías.
- Sistemas de control y comando que regulan el tráfico de los trenes por la red ferroviaria.
- Procedimientos establecidos para la operación y explotación de los trenes.
- Sistema de mantenimiento que conserva en estado operativo todos los elementos anteriormente citados.

Además de los ámbitos temáticos de carácter claramente sectorial, el presente Programa deberá tener en consideración algunas otras disciplinas que por sus características les corresponde el calificati-

vo de **Transmodales**, en tanto en cuanto afectan de manera similar a los distintos modos de transporte, o constituyen elementos comunes previos a la aplicación específica en cada uno de ellos.

Los ámbitos temáticos cubiertos por estas disciplinas transmodales será a efectos de este Programa los que se recogen a continuación:

- Optimización de la intermodalidad, entendida tanto desde el punto de vista de los viajeros como de las mercancías y de igual manera tanto en lo referido a los aspectos tecnológicos como a los de gestión y de funcionamiento.
- Conocimiento de las redes asociadas a los diferentes modos de transporte, al objeto de potenciar su funcionamiento óptimo y de elaborar técnicas específicas que permitan la identificación de "cuellos de botella".
- Investigación dirigida al incremento de la seguridad en aquellos aspectos comunes a los diferentes modos de transporte.
- Disminución del impacto medio ambiental a partir del desarrollo de estrategias, metodologías y procedimientos aplicables a los distintos modos.
- Desarrollo de sistemas de comunicación e información que garanticen una mayor eficacia en las distintas operaciones que conlleva la actividad del transporte.

Todo lo hasta ahora mencionado, justificará la presencia en el apartado oportuno de cinco Subprogramas de actuación, uno correspondiente a cada uno de los modos de transporte y otro encargado del desarrollo de las áreas transmodales.

2 Justificación de la priorización del programa

2.1 Criterios de interés público

Con carácter general la eficacia del transporte de personas y mercancías es una necesidad ineludible para el avance y desarrollo de cualquier sociedad. No obstante y como señala el Libro Blanco de la Comisión "La política europea del Transporte de cara al 2010", el sector se halla en una situación de contradicción permanente "entre una sociedad que solicita siempre mayor movilidad y una opinión pública que soporta cada vez menos la congestión de algunas redes, el deterioro del medio ambiente, los accidentes, o la calidad mediocre que ofrecen algunos servicios de transporte".

En todo caso la entidad del problema queda determinada y sirve para orientar los objetivos del presente Programa Nacional en lo que se refiere a la preservación del interés público. Las claves de actuación deber ser las siguientes:

- Preocupación por la seguridad

Orientada preferentemente en el sector de la carretera pero sin olvidar ninguno de los otros modos de transporte, sobre todo a causa del tremendo impacto social de los accidentes en servicios aéreos y ferroviarios.

- Respeto al medio ambiente

Tanto en relación con la emisión contaminante, el impacto acústico, como en lo que tiene que ver con el deterioro del entorno. El término clave en este apartado es el que la Comisión insiste reiteradamente es la garantía de la sostenibilidad.

- Mejora de la calidad y la disponibilidad

Particularmente en la prestación de transporte colectivo y con incidencia especial en el transporte urbano.

- Potenciación de la Intermodalidad

Como elemento auxiliar imprescindible para la optimización en el logro de otro de los objetivos que la UE subraya habitualmente: la mejora de la competitividad.

Junto con estos elementos y dadas las características particulares de nuestro sistema de infraestructuras y el profundo esfuerzo en su potenciación que en la actualidad realizan los ministerios inversores parece natural considerar también de interés público la potenciación de tareas relacionadas con la optimización de las redes de transporte tanto en su funcionamiento interno como en su función de conector con las grandes redes europeas.

Todos estos aspectos serán objeto de oportuno desarrollo a lo largo de los distintos capítulos del presente documento.

2.2 Criterios sectoriales

Automoción

El sector de automoción es el segundo sector industrial en España, con una participación en el PIB del 6,3%, y del 26,6 % sobre el total de la exportación española de mercancías; dando ocupación al 11 % de la población activa.

Por otro lado, la mayor incorporación e integración del sector de equipos y componentes a la cadena de valor de la fabricación del vehículo, exige a estas empresas su incorporación activa y decidida a la I+D+I. Además de eso, las nuevas normativas de seguridad, emisiones y de vehículos fuera de uso exigen del sector en su conjunto una actividad sostenida en I+D+I contemplando desde el diseño y desarrollo de productos, su fabricación, utilización, mantenimiento y el tratamiento de vehículos, reciclado y tratamiento de residuos, en un ámbito pluridisciplinar en el que concurren un gran número de áreas de conocimiento y tecnologías.

Así pues la mejora de la competitividad del conjunto de la industria de automoción, aumentando su capacidad de desarrollar nuevos productos en un marco cada vez más globalizado y competitivo, precisa de la I+D+I como un elemento clave para esta finalidad.

Aeronáutico

Las empresas de aeronáutica españolas, con independencia de su nivel de integración, compiten en un mercado global. Las empresas europeas, disponen de variadas herramientas que garantizan un nivel de ayudas generalmente superior, al que las empresas españolas están teniendo ahora.

Para que las empresas españolas sean competitivas en Europa, deben estar en igualdad de condiciones. Este argumento es de mucha mayor aplicación cuando se compara con las empresas norteamericanas, las cuales por efecto de las compras institucionales y programas de defensa tienen siempre ventaja.

La actividad aeronáutica está ligada a un sector industrial estratégico cuyas señas de identidad son su carácter internacional, el alto nivel tecnológico, la orientación a medio y largo plazo, sus elevadas inversiones en I+D, el requisito imprescindible de una alta cualificación y especialización de los recursos humanos dedicados, la capacidad de difusor de tecnología avanzada a otros sectores y la potencial rentabilidad que asegura su viabilidad y crecimiento.

En el caso de España, el sector aeronáutico proporciona empleo directo a 21.496 personas y factura 2.661 M€, con un margen operativo del 8,9 % y unos gastos en I+D del 12,6 % de la facturación (cifras del año 2001).

La facturación representa el 0,5 % del PIB nacional y el 2,8 % del PIB industrial español. El empleo significa el 5 % del empleo aeronáutico europeo, y el 1,7 % a escala mundial.

La competitividad de la industria aeronáutica en los mercados mundiales está amenazada por la intensificación de la competencia tecnológica resultante del apoyo que la investigación recibe en otros países determinados a mantener o adquirir una supremacía industrial en este sector. No queda por tanto otro camino que seguir impulsando el esfuerzo investigador de las empresas.

Marítimo

Las actividades del Sector Marítimo se justifican por la extensión del litoral español, que supera los 8.000 kilómetros, con un notable número de puertos situados en un área de gran importancia estratégica. En los puertos españoles hacen escala anualmente más de 120.000 buques y el 90% de las importaciones así como el 72% de las exportaciones se efectúan por vía marítima.

El Sector Marítimo es intensivo, en todas sus ramas, en el uso de nuevas tecnologías, con elevadas inversiones en capital y en I+D, siendo a la vez difusor y receptor de desarrollos tecnológicos en otros sectores.

Existe un alto grado de interrelación entre los diferentes subsectores marítimos. Cabe citar, por ejemplo, que el hecho de que los puertos funcionen con eficacia y con tiempos de operación reducidos tendrá una repercusión favorable en el transporte marítimo reduciendo sus costes y potenciando su desarrollo, lo que generará una demanda de construcción naval a los astilleros y la industria auxiliar.

La globalización a que está sometido, se traduce en una gran competencia, sobre todo en el caso del transporte marítimo, por parte de flotas pertenecientes a banderas de conveniencia que, en muchos casos, utilizan buques "subestándar" y en el de la construcción naval, sometido a competencia denunciada como desleal por parte de los astilleros de algunos países del Extremo Oriente.

Es necesario desarrollar proyectos nacionales integrados de interés sectorial o general. Esto implica la concentración de los recursos disponibles en determinados proyectos tractores capaces de movilizar a una pluralidad de empresas, Centros Tecnológicos, Universidades y Centros de Investigación con intereses y competencias en una variada gama de tecnologías sobre las que es necesario avanzar de forma coordinada para la consecución del proyecto.

Ferrovioario

El sector ferroviario da empleo en la actualidad, sólo en la prestación de los servicios a cerca de 40.000 trabajadores y en él se han realizado inversiones del orden de 2.700 millones de € en el último ejercicio económico (Dirección General de Ferrocarriles, GIF y compañías explotadoras).

La I+D+I del sector de transporte ferroviario responde a solicitudes de la demanda, que aumenta progresivamente las exigencias de rendimientos, fiabilidad, mantenibilidad, seguridad y confort, lo que supone un esfuerzo continuado de I+D en las empresas, para poder competir entre ellas en un mercado abierto y cada vez más competitivo.

España está actualmente realizando un importante esfuerzo inversor en líneas de Alta Velocidad y Transporte Urbano, que tiene que ir unido a una actuación decidida en la inversión en I+D+I que permita obtener los mejores resultados de estos planes, así como una mayor participación de las empresas instaladas en nuestro país, redundando en la futura competitividad de las mismas en otros mercados donde se produzcan desarrollos semejantes.

En el campo de las nuevas tecnologías aplicadas tanto a las Infraestructuras como al Material Rodante Ferroviario, es imprescindible la incorporación de nuestras empresas, ya que constituye un valor añadido que asegura la competitividad futura en un mercado actualmente muy difícil.

La ampliación de la U.E. significa la incorporación de una serie de países con una industria ferroviaria con costes de mano de obra más bajos. El desarrollo de nuevas tecnologías es imprescindible para nuestra competitividad.

2.3 Criterios tecnológicos

Automoción

En la actualidad, el reto más importante de las industrias de este sector se encuentra en la innovación, pues su competitividad depende de la capacidad para desarrollar nuevos productos y para mejorar continuamente la productividad de los procesos de diseño y fabricación. En este sentido se destaca la necesidad de impulsar y desarrollar las capacidades de investigación de las empresas a través de sus propias unidades y centros de investigación y diseño. A ello también pueden contribuir en gran medida los centros de investigación, centros tecnológicos y sectoriales, así como los departamentos de las universidades que participan actualmente en el desarrollo tecnológico de este sector.

Por otro lado, la necesidad de actuar con sentido de anticipación para ganar o mantener ventaja competitiva inducirá desde el sector empresarial la necesidad de investigaciones y desarrollos científicos particularmente en los ámbitos del conocimiento de materiales, propulsión y electrónica.

Debemos de señalar el necesario esfuerzo del sector para mejorar el déficit tecnológico, dado el reducido número de empresas (tanto de fabricantes de vehículos como de componentes), que desarrolla actividades de I+D, como por el hecho de la deslocalización de España en el nuevo escenario político económico de los próximos años debido a la ampliación de la Unión Europea.

También cabe destacar que en el VI Programa Marco de I+D de la UE, dentro del Programa de "Desarrollo sostenible, cambio global y ecosistemas", existe una acción clave sobre "Transporte terrestre sostenible", donde se encuadran los objetivos tecnológicos relacionados con esta área y en el que debe potenciarse la participación española.

Aeronáutico

El sector aeronáutico español, resultado de políticas empresariales e institucionales de apoyo a la innovación, se encuentra en una buena situación en cuanto a capacidad de oferta de productos y servicios de relevancia, con participación en los programas más significativos con cuotas del 10 al 25%, en todo el rango de productos aeronáuticos, y con varias empresas tractoras líderes en su campo.

Mención especial merecen las nuevas capacidades en estudio de algunos centros tecnológicos. Todas estas iniciativas deben completarse o afianzarse dotándolas de vías de financiación extraempresariales.

La industria aeronáutica origina y opera los productos más complejos desde el punto de vista tecnológico, lo que queda reflejado en la magnitud de los recursos económicos, humanos y materiales que son necesarios para proyectar, desarrollar, producir y operar un producto aeronáutico.

Gran parte de los productos y procesos que se desarrollan en el sector aeronáutico, se incorporan a productos de uso cotidiano, generando a su vez un apalancamiento en el tejido económico (GPS, estructuras aligeradas, reducciones de consumo, tejidos ignífugos, turbinas avanzadas para el sector naval, simuladores avanzados, sistemas de posicionamiento para instalaciones científicas).

De gran significación han sido los dos Planes Tecnológicos Aeronáuticos desarrollados hasta el momento con apoyo decidido del Gobierno Español que ha permitido incrementar notablemente la presencia del sector aeronáutico español en el contexto europeo e internacional, alcanzar el grado de excelencia en determinadas tecnologías y fomentar la participación de empresas colaboradoras y auxiliares, así como movilizar el I+D en Universidades y Centros Tecnológicos.

Marítimo

Resulta conveniente dar viabilidad a las actividades de un sector que, además de ser muy activo en las actividades de I+D+I propias, es impulsor y aplicador de tecnologías desarrolladas en otros campos de la Industria, efecto multiplicador que siempre ha caracterizado al Sector.

Existencia en España de Centros Tecnológicos, Departamentos de I+D, Oficinas Técnicas de reconocida capacidad de I+D+I. A través de estos Centros y de las Fundaciones se transfiere tecnología a las PYMES, que constituyen más del 95% de las empresas del Sector, en aras de mejorar su competitividad.

Se hace necesario desarrollar nuevas tecnologías necesarias para las nuevas líneas de explotación industrial oceánica, destacando la explotación, a cada vez más grandes profundidades, del fondo marino.

Ferrovioario

La I+D+I fomenta la consolidación de centros y departamentos de investigación en el ámbito tanto privado como público. Muchas empresas disponen ya de organizaciones estables de innovación y desarrollo que las dota de una fuerte caracterización tecnológica, capaces de asumir nuevos retos y acudir a mercados cada vez más exigentes, como es el caso del mercado ferroviario.

La presencia de departamentos de innovación y desarrollo en la mayoría de las empresas del sector asegura el empleo de las últimas tecnologías en los productos y equipos que fabrican, lo cual supone dotar al transporte ferroviario de las últimas tecnologías del mercado en todos campos tecnológicos, instalaciones fijas, control de tráfico, material rodante y mantenimiento.

2.4 Criterios científicos

Además de la necesidad antes expuesta de participar en la adquisición de conocimientos a través del VI Programa Marco cabe argumentar una serie de especificidades en el sector de la **automoción**. En primer lugar existen Grupos de Investigación Universitarios altamente especializados en diversos aspectos del área del conocimiento de la propulsión, cuyos trabajos de investigación están siendo útiles para nuevas aplicaciones y desarrollos en este campo por parte de las empresas, lo que debería potenciarse.

Por otra parte, los Centros Tecnológicos especializados total o parcialmente en el ámbito de la automoción necesitan desarrollar, y así se viene ya haciendo investigaciones básicas para el desarrollo de nuevos productos para las empresas: desde los materiales hasta la preindustrialización.

En segundo lugar, la respuesta a las exigencias medioambientales, de reciclabilidad y/o reutilización de componentes que impone al sector la Directiva Comunitaria de VFU pasa por potenciar la investigación científica en muchos campos y disciplinas del conocimiento; y, como en otros aspectos, por la mejor coordinación entre el ámbito científico, el tecnológico y las empresas.

En tercer lugar, existen grupos de investigación altamente cualificados propios de empresas, cuyos productos están hoy compitiendo tecnológicamente con éxito a nivel internacional.

Por lo que corresponde al sector **aeronáutico** a lo largo de sus años de desarrollo, ha contribuido de forma excepcional a la generación del conocimiento a través de sus diferentes disciplinas para dar lugar a un tipo de producto y un sistema de operación de la máxima complejidad.

El programa nacional y el desarrollo que el sector ha tenido en los últimos años permitirán que un gran número de disciplinas contribuyan al incremento tanto en amplitud como en profundidad de ese conocimiento y aseguren la viabilidad y expansión de la actividad aeronáutica en España. Como consecuencia de una mayor demanda científica y tecnológica de la industria, el sector académico se está desarrollando. El número de escuelas de Ingeniería aeronáutica ha aumentado significativamente. Se han creado varios centros de investigación y algunos departamentos están desarrollando estrechas relaciones de

investigación con las industrias más innovadoras, enriqueciendo la capacidad tecnológica a través de la red de instituciones.

Las actividades aeronáuticas incluyen la participación sistemática de grupos de investigación de universidades y centros tecnológicos en los proyectos tecnológicos que en colaboración con las empresas dan consistencia y capacidad de difusión al conocimiento generado. Áreas como materiales, aerodinámica, estructuras y sistemas tienen claros ejemplos de los beneficios de esta colaboración.

Por otra parte, el área de Aeronáutica está presente siempre en los principales foros de la I+D internacional, especialmente en los diferentes Programas Marco de la Unión Europea con la consideración de Acción Clave (KA 4), reconociendo así su contribución al conocimiento y al gran éxito de la industria aeronáutica europea. Muy prioritario es también el tratamiento recibido en los países más desarrollados como Francia, Alemania, Gran Bretaña y especialmente Estados Unidos por su carácter estratégico.

En relación con el sector **marítimo** es de hacer notar que muchas de sus áreas específicas tienen reconocidos programas europeos, como son: Programa de Fomento del Transporte Marítimo de Corta Distancia, programa Marco Polo, programa de acceso a Grandes Instalaciones Europeas, entre otros. Cabe destacar también que en el VI Programa Marco de la UE establece la prioridad temática 1.6.2 "Transporte de superficie sostenible", que engloba automoción, ferrocarril y marítimo, dentro del programa Desarrollo Sostenible.

Existen Centros Universitarios, Organismos, Instituciones y empresas, públicos y privados, de Investigación en áreas específicas del Sector Marítimo, con reconocida capacidad a nivel nacional e internacional.

Del mismo modo también es patente la existencia acuerdos y convenios entre la Universidad y otras Instituciones para el desarrollo de proyectos científicos propios del Sector Marítimo y de formación de personal investigador.

Por lo que respecta al sector **ferroviario**, el fuerte impulso industrial y tecnológico que ha experimentado este sector en los últimos años, se ha sustentado en gran medida en las colaboraciones con las Universidades, OPIs y Centros tecnológicos con las empresas. El sistema científico ha aportado su conocimiento para encontrar soluciones a los problemas planteados en los ámbitos de la electroóptica, comunicaciones, simulación, sistemas de almacenamiento de energía, equipos de refrigeración basados en nuevos conceptos y materiales refrigerantes, vibroacústica, seguridad activa y pasiva, catenarias multi-tensión, sistemas de almacenamiento de energía, etc.

Para el futuro, es deseable una más amplia y estrecha colaboración del sistema científico con el productivo, con vistas a contribuir a alcanzar los objetivos que, en el medio y largo plazo, plantea la Unión Europea para el sector.

Dichos objetivo, en el ámbito del corto y medio plazo, están puestos de manifiesto en la prioridad 6.2 "Transporte sostenible por superficie" del Sexto Programa Marco de la UE.

En el largo plazo, con vistas al 2020, nuestro sistema científico deberá colaborar, a escala europea, con Universidades, OPIs y empresas para alcanzar los objetivos que se deriven del Consejo Asesor para la Investigación Ferroviaria (ERRAC), entre los que se encuentran los que siguen:

- Desarrollo de equipos y sistemas encaminados a mejorar la interoperatividad de los distintos sistemas ferroviarios nacionales, mediante la implantación de niveles avanzados de ERTMS; y estudios para la integración mas efectiva de los sistemas urbanos y regionales de transporte.
- Investigación orientada a facilitar el transporte inteligente de personas y mercancías.- Nuevos sistemas para mejorar los niveles de seguridad, incluyendo el desarrollo de tecnologías para evitar errores humanos.

- Desarrollos para la generación de tecnologías encaminadas a la reducción del impacto medioambiental de los diferentes focos y sustancias contaminantes (emisión de humos, vibraciones y ruidos, ruido electromagnético, etc.).
- Estudios para el desarrollo de métodos de fabricación que tengan en cuenta, la homogeneización de las piezas, la modularización, el mantenimiento y reciclado del material fijo y rodante. Investigación sobre equipos y sistemas de mayor eficiencia energética.
- Nuevos materiales y sistemas de producción más eficaces.

La actividad desarrollada en I+D+I "sectorializada" por medios de transporte, deja sin cabida, en todo caso, a aquellos aspectos comunes a todos los modos, o a aquellos otros en los que intervienen conjuntamente varios de ellos, siendo estos temas **transmodales** de gran interés para el conjunto de la sociedad.

En particular, la vinculación entre distintos modos de transporte, la optimización de las redes y la instauración de corredores multimodales preferentes para el transporte de mercancías, constituyen algunas de las orientaciones básicas planteadas en el Libro Blanco del Transporte.

A esto cabría añadir los indudables beneficios derivados de la investigación encaminada a la posible transferencia, a otros modos, de tecnologías ya consolidadas en uno determinado, en concreto en ámbitos tan específicos como el incremento de la seguridad o la reducción del Impacto Medio Ambiental.

A pesar de que en España se han realizado estudios en el marco de las temáticas transmodales anteriormente presentadas, las bases científicas en algunos de estos aspectos son todavía insuficientes. Es necesario ampliar el conocimiento en disciplinas concretas como la intermodalidad o la optimización de redes, ya que España está realizando importantes inversiones en materia de infraestructuras y nuevas redes de transporte, por lo que parece un momento adecuado para profundizar en estos temas.

3 Estructura y objetivos del programa

A la vista de las características específicas de los modos de transporte implicados dentro de este Programa Nacional, su estructura quedará organizada en forma de Subprogramas Nacionales de orientaciones específicas. Los cuatro primeros harán referencia a los modos de transporte tradicionales (automoción, aeronáutica, ferrocarril y sector marítimo) y el quinto a todos los otros aspectos que, bien por implicar a varios modos simultáneamente, o por su carácter transversal, exigen de un tratamiento particular, por lo que se incluyen dentro de un Subprograma Nacional transmodal.

En los siguientes párrafos se desarrolla el contenido de cada uno de los cinco Subprogramas, atendiendo a sus prioridades temáticas y a sus líneas de actuación.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE AUTOMOCIÓN

En el Subprograma automoción se identifican las siguientes prioridades temáticas, que deben ser objeto de actividades de I+D+I, con indicación de sus correspondientes objetivos y líneas de actuación.

Desarrollo de nuevos modelos y productos y actualización y modernización de procesos existentes

El objetivo de esta prioridad temática es dar satisfacción a ciertos requerimientos, que están incrementando de forma notable la complejidad tecnológica de los vehículos actuales y futuros, lo que impulsará la generación de nuevos conocimientos y su difusión y aplicación industrial, afectando y promovien-

do nuevas actividades de colaboración de las empresas y centros académicos en ámbitos de formación, investigación básica y aplicada, así como el desarrollo de instalaciones de ensayo y experimentación.

Líneas de actuación:

- Diseño de nuevos conceptos, superficies y modelos adecuándolas a las tendencias y exigencias del mercado explorando futuras posibilidades (concept car).
- Estudios de alternativas de modelos de Diseño para tomas de decisión al realizar el desarrollo y fabricación de un nuevo modelo ("modelos en Clay").
- Estudios y proyectos de I+D+I que mejoren el confort ambiental, la ergonomía y la seguridad de los usuarios de los vehículos.
- Estudios y proyectos de I+D+I de elementos, partes y sistemas del vehículo.
- Procesos de cálculo, simulación, prototipado y ensayos de validación.
- Elaboración e implantación de nuevos procesos de desarrollo de productos y procesos para una mayor eficiencia en toda la cadena desde el concepto hasta el mercado.
- Ensayos para investigación prelegislativa.
- Actividades de desarrollo específicas relacionadas con la modernización continua de los productos en serie, durante su periodo de producción.
- Creación y/o potenciación de Centros de Investigación y desarrollo.

Sistemas de seguridad

Al objeto de apoyar y potenciar el incremento de la labor investigadora e innovadora que para la mejora de la seguridad activa y pasiva de los vehículos viene realizando el sector; en respuesta a la creciente demanda social de seguridad, incluyendo en este concepto la prevención del accidente y la disminución del daño que provoque. Así mismo se incluye en ella los conceptos de fiabilidad y confort que los desarrollos de la microelectrónica, informática y telecomunicaciones hacen hoy posible: desde los sistemas de navegación y ayuda a la conducción hasta los sistemas de vigilancia del conductor, pasando por la adaptación a las condiciones de la carretera, la gestión técnica de los elementos de abordaje y los sistemas avanzados de asistencia a la conducción (ADAS).

Líneas de actuación:

- Detectores de proximidad de obstáculos y sistemas de precolisión.
- Nueva arquitectura para la comunicación y gestión de la información a bordo y de comunicación con las infraestructuras.
- Sistemas integrados de diagnóstico embarcado.
- Sistemas de navegación y de asistencia al conductor.
- Mejoras sobre materiales, componentes y sistemas de vehículos que afectan a la seguridad activa y pasiva.
- Mejoras de fiabilidad de sistemas y componentes
- Diseño de vehículos menos lesivos para peatones y ciclistas y de sus componentes implicados.
- Sistemas de vigilancia del estado del conductor y registro de rutas e incidencias.
- Sistemas Inteligentes de adaptación de la velocidad.
- Sistema de visualización asistida.
- Evaluación del impacto de las mejoras de seguridad sobre los accidentes y víctimas.

Medio Ambiente

Con el objeto de incentivar y promover las necesarias actuaciones que en materia de I+D+I tiene que llevar a cabo el sector para satisfacer la demanda de vehículos energéticamente más eficaces y respetuosos con el medio ambiente, consiguiéndose un vehículo con un alto grado de reciclabilidad. Y particularmente para que el sector pueda dar cumplimiento a las distintas directivas comunitarias sobre estas materias, vigentes y futuras.

Líneas de actuación:

RECICLADO

- EcoDiseño: concepción y diseño de componentes y sistemas que incrementen la reciclabilidad del vehículo.
- Actividades que persigan una mayor reutilización y revalorización de componentes y fluidos.
- Achatarramiento selectivo con mínimo impacto medioambiental.
- Optimización de sistemas de reciclado, aprovechamiento y eliminación de residuos.

PROPULSIÓN

- Nuevos sistemas de actuación eléctrica de componentes y grupos auxiliares del motor.
- Sistemas y equipos que permitan la reducción del impacto acústico y control activo de ruidos.
- Sistemas motores de combustión que permitan adelantarse al cumplimiento de las exigencias establecidas en las directivas sobre emisiones.
- Sistemas y equipos que permitan la optimización de los sistemas de inyección, control y alimentación de combustible, tanto en diesel, como en gas.
- Sistemas y equipos y grupos auxiliares que permitan la incorporación de nuevos y alternativos sistemas propulsores: híbrida, eléctrica, gas y a pila de combustible.
- Desarrollo de nuevos sistemas de tracción y regeneración en vehículos híbridos.
- Sistemas que permitan la sustitución progresiva de los carburantes convencionales por otros más respetuosos con el medio ambiente, o que resulten por su procedencia neutros en emisiones de CO₂ (biocombustibles).
- Desarrollo de nuevos sistemas de gestión de multi-inyección en los sistemas de regeneración de filtros de partículas, y nuevos sistemas de inyección de urea para reducir emisiones de NO_x.
- Desarrollo de sistemas de diagnóstico en vehículo para el control de las emisiones de escape.

Mantenimiento, inspección y diagnóstico de vehículos y componentes

Se pretende en este apartado dirigir y apoyar la oferta tecnológica existente, provocando nueva demanda para las oportunidades de desarrollo tecnológico de las empresas en esta área de indudable interés social medioambiental y económico, ya que el mantenimiento de los vehículos y sus componentes dentro de su vida útil es una condición importante para la competitividad, y el mantenimiento de las condiciones de seguridad en niveles análogos a la de los vehículos nuevos.

Líneas de actuación:

- Diseño que mejore la reparabilidad del vehículo y sus componentes.
- Empleo de nuevas tecnologías de la información en la gestión de la reparación y la aplicación del recambio.

- Sistemas y procedimientos para el diagnóstico del estado funcional y de seguridad del vehículo. (Diagnóstico Integral).
- Sistema de identificación de averías.
- Sistemas que optimicen los procesos de reparación.
- Técnicas de ensayos y pruebas de componentes para su reutilización, y su correspondiente proceso de certificación.
- Técnicas y procedimientos de mantenimiento de vehículos.
- Mejora de los procedimientos de inspección técnica de vehículos (ITV) y del equipamiento necesario para ello.

Vehículos de transporte colectivo y especiales

Apoyar las necesidades específicas de I+D+I que por las particulares exigencias de seguridad tienen este tipo de vehículos. Exigencias que están motivadas por la trascendencia de lo transportado, o por el ámbito físico en que tiene lugar (ámbito urbano). Particularmente cualquier mejora del transporte colectivo, tanto del vehículo como de la gestión de este transporte, conllevará una mayor participación del mismo con los consiguientes beneficios colectivos de salubridad urbana, economía energética, y liberación de infraestructuras (Libro Blanco de la Comisión U.E.).

Líneas de actuación:

- Ensayos para investigaciones prelegislativas
- Actividades para nuevos materiales y nuevos diseños en carrocerías, recipientes y blindajes.
- Actividades de I+D+I para vehículos, dispositivos y acondicionamiento que permitan el transporte de personas con movilidad reducida, incluidos usuarios de sillas de ruedas.
- Desarrollo de vehículos especiales para transporte escolar, con particular atención a los elementos de seguridad.
- Sistemas de retención, confort, y evacuación de ocupantes, y sistemas de retención de cargas.
- Ergonomía y seguridad del puesto de conductor.
- Aplicación de tecnologías de control y telecomunicaciones a la explotación de flotas, ayuda a la conducción e información a los usuarios.

SUBPROGRAMA NACIONAL DE TRANSPORTE AÉREO

El Subprograma de Transporte Aéreo se estructura en siete prioridades temáticas, que a su vez se desglosan en las líneas de actuación consideradas prioritarias en cada disciplina, según la siguiente estructura:

Nuevos conceptos de aeronaves

Se contemplan en este objetivo las actividades que analicen potenciales conceptos que cumplan los requisitos de la "Visión 2020" de la aeronáutica europea y la viabilidad de grandes proyectos a nivel europeo.

Líneas de actuación:

- Estudios de viabilidad de configuraciones de alta eficiencia aerodinámica y baja contaminación (emisiones y ruido).
- Estudios conceptuales de aeronaves no convencionales incluyendo aeronaves con vectorización de empuje y aeronaves no tripuladas.
- Estudios de aviones de entrenamiento.

Aerodinámica, mecánica de fluidos y acústica

Los nuevos desarrollos en la mejora aerodinámica externa de las aeronaves y el comportamiento de los fluidos internos en motores y sistemas así como el impacto de ambos en la firma acústica, constituyen el contenido principal de este objetivo.

Líneas de actuación:

- Aerodinámica de alas y fuselaje posterior/colas, turbomáquinas y mandos de vuelo avanzados.
- Interacción de flujos de refrigeración/flujo principal en motores.
- Desarrollo de herramientas, métodos y códigos avanzados de Fluidodinámica Computacional-CFD (fluidos internos y externos, integración propulsiva, transporte de calor y masa, formación de hielo, control de torbellinos).
- Nuevas metodologías de modelización (cargas, actuaciones, estabilidad, etc incluyendo técnicas de identificación avanzadas).
- Medida y análisis de ruido interno y externo de aeronaves y turbomaquinaria y su tratamiento.

Estructuras, materiales y procesos

Los materiales introducidos en los últimos años y los que se desarrollen en el período del Plan dan lugar a soluciones estructurales que deben ser optimizadas en esta fase a través de procesos eficientes en coste y peso. También el tratamiento de problemas o fenómenos específicos de componentes de la aeronave son parte de este objetivo que se desglosa en las siguientes actuaciones prioritarias:

Líneas de actuación:

- Investigación y calificación de nuevos materiales (estructurales, de interiores de cabina, protección contra rayos, tratamientos superficiales, nanotubos, compuestos de matriz metálica de bajo coste, con memoria).
- Desarrollo de Estructuras en materiales compuestos y de interiores de aeronaves incluyendo diferentes tecnologías, uniones de componentes, control de la integridad ("health monitoring") y métodos de inspección avanzados. Estructuras inteligentes.
- Desarrollo de Estructuras metálicas con nuevas aleaciones y procesos.
- Fenómenos aeroelásticos en aeronaves y motores. Extensión de la vida operativa por interacción de fenómenos termomecánicos en turbomáquinas.
- Metodología para el análisis de Supervivencia y Vulnerabilidad de aeronaves incluyendo estructuras pasivas avanzadas de bajo peso y coste. Estructuras resistentes al fuego y a los impactos.
- Procesos amigables con el medio ambiente (eliminación de cromo, pinturas base agua).

Sistemas de potencia

Las exigencias de la sociedad en contaminación por emisiones y ruido y del mercado en costes, especialmente identificadas en la Visión 2020, impone nuevos desarrollos en plantas de potencia y en unidades de potencia auxiliar para hacer frente a los desafíos establecidos.

Líneas de actuación:

- Desarrollo de tecnologías para motores de bajo empuje y turbinas de alta temperatura.
- Desarrollo de nuevos módulos derivados de arquitecturas innovadoras de motor.
- Nuevos desarrollos en Unidades de Potencia Auxiliar (APU) y aplicación de Células de Combustible a la aeronáutica.
- Desarrollo de Inversores de empuje más eficaces y fiables y Góndolas de motor resistentes al fuego.

Equipos y sistemas embarcados

Los sistemas y equipos del avión así como los sistemas embarcados contribuyen de forma cada vez más importante al valor añadido de una plataforma aeronáutica y a su capacidad de competir internacionalmente. Por esta razón la propuesta para este Plan tiene en cuenta muy especialmente la participación de este segmento de la actividad aeronáutica con las siguientes actividades:

Líneas de actuación:

- Desarrollo de tecnologías de aviónica modular con buses de alta capacidad, funciones críticas de vuelo y fusión de datos. Tecnología de redes ópticas.
- Desarrollo de sistemas avanzados de avión (hidráulico, neumático, combustible, avión más eléctrico, mandos de vuelo, autoprotección, tren de aterrizaje).
- Sistemas y equipos embarcados de nueva generación (tecnología infrarroja, mando con estructuras inteligentes, reabastecimiento en vuelo, interrogación en modo 5/S, reconfigurables).
- Nuevos sistemas de misión. Desarrollo de equipos electrónicos y sensores de guerra Electrónica.
- Desarrollos radar con tecnología "Phase array" e integración de antenas HF.
- Desarrollo de metodología avanzada de análisis de interferencias Electromagnéticas (EMI) y de Compatibilidad Electromagnética (EMC).

Medios y procesos avanzados de ingeniería, producción y mantenimiento

Agrupa este objetivo las actuaciones que proporcionan a las empresas medios y procedimientos para optimizar y recortar los plazos en los procesos de definición, de producción y de operación de los productos y servicios, base fundamental para alcanzar un alto grado de competitividad.

Líneas de actuación:

- Sistema integrado de diseño aeroestructural incluyendo herramientas de diseño automático e ingeniería concurrente. Desarrollo de procesos y herramientas de simulación de ingeniería para análisis de materiales compuestos, postpandeo, fluidodinámica CFD, ensayos de calificación virtuales y otros.

- Control integrado de configuración y gestión de datos del producto durante su ciclo de vida. Desarrollo de metodologías de diseño basadas en el conocimiento (knowledge-based engineering).
- Desarrollo y aplicación de los avances en Tecnologías de la Información a los procesos CAD/CAE en Ingeniería. Desarrollo de métodos, procesos y medios de ingeniería inversa aplicados al utillaje.
- Fabricabilidad de procesos y utillajes asociados con materiales compuestos (fibras secas, fiber placement, termoplástico y otros). Reparación en línea.
- Desarrollo de procesos y tecnologías avanzadas para materiales metálicos (soldadura, conformado, chorreado, superplástico, mecanizado de alta velocidad y otros). Técnicas de prevención de la corrosión.
- Automatización / robotización de operaciones de taladrado y montaje de grandes conjuntos estructurales y procesos especiales. Nuevos desarrollos en máquinas herramientas de mayor potencia y funcionalidad, células y utillajes flexibles de cinemática avanzada.
- Simulación de procesos de producción, distribución en planta y desarrollo de técnicas de "prototipos virtuales" y "prototipado rápido".
- Desarrollo de nuevas tecnologías, automatización y sistemas de gestión integral en las áreas de producción y mantenimiento aeronáutico.
- Desarrollo y aplicación de los avances en Tecnologías de la Información a las áreas de apoyo al cliente y al producto, mantenimiento y entrenamiento.

Gestión del tráfico aéreo, operaciones y sistemas de apoyo en tierra

Las dificultades del transporte aéreo especialmente en Europa, las nuevas bases para la armonización de los diferentes sistemas y las metas a alcanzar en materia de seguridad en la Visión 2020 establecen la base para identificar las actuaciones prioritarias de este objetivo dentro del Plan.

Líneas de actuación:

- Sistemas de gestión aeroportuaria y de circulación de aeronaves en tierra. Desarrollos asociados a: "Cielo Único Europeo" (CSN/ATM), sistemas de posicionamiento avanzado (programa Galileo), Free-Flight
- Nuevos desarrollos para la seguridad en el transporte aéreo (operaciones, tráfico de aeronaves y otros).
- Simuladores de vuelo: arquitectura estándar y tecnologías de proceso distribuido.
- Equipos de apoyo en tierra (GSE), sistemas de soporte logístico integrado y entrenamiento. Automatización y sistemas de adquisición de datos en bancos de prueba.
- Desarrollo de equipos y sistemas de mantenimiento eficientes.

SUBPROGRAMA NACIONAL MARÍTIMO

Dentro de este Subprograma Marítimo, se han definido las siguientes prioridades temáticas para su desarrollo en el PN de I+D+I 2004-2007:

Incremento de la competitividad y rentabilidad del transporte marítimo español y de las empresas que lo integran

Las compañías navieras, como clientes de los astilleros y prestadores de servicios de transporte, juegan un papel crucial en la definición de las prestaciones que deben desarrollar los buques. Cooperan

por tanto, en la identificación de nichos o áreas concretas en los que se requiere innovación en los procesos de diseño y construcción, así como en las tecnologías a incorporar para facilitar la operación y maniobra segura y económica de la nave. Asimismo, aportan desde el punto de vista del usuario su valiosa experiencia como utilizadores de equipos y sistemas, determinante para instrumentar una permanente mejora tecnológica de los mismos. Por otro lado, deben asegurarse de que los buques operen de acuerdo con las normas de seguridad y medioambientales aplicables.

Las líneas de actuación que se proponen para alcanzar este objetivo son:

- Mejora de la adaptación de los buques a las necesidades de los tráficos y de las cargas, su seguridad y su protección medioambiental.
- Optimización de los costes de explotación, reparación, mantenimiento, reciclado e inspección de los buques.
- Mejora del rendimiento de equipos y sistemas, incluidos los sistemas de propulsión.
- Mejora de los servicios asociados al tráfico marítimo, así como de los procedimientos portuarios utilizados.

Desarrollo de nuevos buques tecnológicamente diferenciados y con demanda fuerte a corto y medio plazo

La construcción naval opera como una industria de síntesis, en la que los astilleros, responsables del diseño del buque como un sistema completo, integran una pluralidad de subsistemas, equipos, conjuntos y componentes suministrados por la industria auxiliar necesarios para configurar el buque. Este mismo esquema se aplica también a las actividades de la náutica deportiva y de recreo.

Las líneas de actuación que se consideran prioritarias para alcanzar este objetivo son:

- Buques con mayores niveles de seguridad y protección medioambiental.
- Buques de crucero, para el transporte de carga rodante y pasaje y los dedicados a la náutica deportiva y de recreo.
- Buques avanzados para transporte de todo tipo de carga incluido el gas natural licuado y/o a presión.
- Artefactos navales y buques de apoyo a instalaciones off-shore, salvamento y protección del medio ambiente marino, cajoneras para la construcción de muelles y diques, robots y vehículos no tripulados y otros para servicios especiales, incluidos submarinos de uso civil.
- Embarcaciones para la pesca, su transporte y distribución, incluidos los de transporte para especies vivas, así como el desarrollo de artefactos auxiliares para la maricultura.

Mejora de los procesos de diseño y construcción de buques y sus componentes

La necesidad de dar respuesta a la demanda de buques más sofisticados, con más tecnología incorporada, menores costes de operación y mantenimiento y a precios competitivos, así como avanzar en la mejora de los procesos de producción, son los elementos clave de competitividad que requieren fuertes inversiones tecnológicas.

Los elementos suministrados por la industria auxiliar tienen una creciente importancia en el valor total del buque, pudiendo alcanzar en determinados casos las tres cuartas partes de su valor. Aunque la industria auxiliar está vinculada en parte a grupos multinacionales, existe una notable presencia de

empresas de capital nacional que necesitan desarrollar sus tecnologías propias para competir con sus productos y servicios en los mercados internacionales.

Las líneas de actuación que se consideran prioritarias para alcanzar este objetivo son:

- Integración y optimización de los procesos de diseño y fabricación, incluyendo la cadena de suministros.
- Desarrollo, implantación y aplicación de herramientas avanzadas de diseño, incluyendo las de cálculo numérico para la optimización de las formas del buque, y las de modelizado, análisis y simulación de procesos.
- Nuevos desarrollos para la fabricación de equipos y sistemas del buque.
- Automatización y robotización de los procesos de fabricación.
- Diseño para la fabricación modular.
- Nuevos materiales para aplicación en los buques y en sus componentes.
- Estandarización de elementos e integración de componentes en conjuntos y subconjuntos.
- Equipos para la protección del medio ambiente.
- Sistemas activos y pasivos de control de movimientos.
- Sistemas de telecomunicaciones.
- Herramientas de análisis de costes y aplicaciones para la presupuestación.
- Ingeniería concurrente y entornos de diseño distribuido.
- Dotación de infraestructuras tecnológicas de uso común.

Nuevos desarrollos para la explotación de los hidrocarburos líquidos y gaseosos existentes en el medio marino

La industria off-shore está dedicada a la explotación de los hidrocarburos líquidos y gaseosos existentes en el medio marino y al diseño y construcción de plataformas de perforación, explotación y proceso de estos productos, así como buques avanzados de apoyo.

Las áreas que van a tener importancia primordial en los próximos años en el mundo off-shore van a ser la producción en aguas ultra-profundas y la explotación de gas.

El reto de nuestra industria está en conseguir liderar estos dos aspectos de la tecnología off-shore añadiendo más valor añadido a los productos, de forma que en las ofertas se incluya no sólo la parte marina del artefacto, sino la parte de procesos también, con el fin de que la industria española pueda ser contratista principal de los grandes proyectos offshore que se van a desarrollar en los próximos años. Igualmente se han de desarrollar las áreas de explotación de los recursos potenciales energéticos marinos, recursos minerales, potabilización del agua de mar, etc.

Las líneas de actuación que se proponen para alcanzar este objetivo son:

- Desarrollo de una nueva generación de plataformas de perforación y unidades de producción, almacenamiento y descarga para una operación más segura, limpia y eficiente en aguas ultra-profundas.
- Diseño de unidades off-shore para explotación de yacimientos de gas submarinos y terminales de regasificación flotantes.
- Diseño de plantas industriales flotantes.
- Fabricación, montaje y puesta a punto de módulos para plantas de proceso de hidrocarburos y gas para unidades off-shore e instalaciones terrestres.

- Posicionamiento dinámico.
- Sistemas de fondeo, posicionamiento y transferencia de fluidos.
- Monitorización del comportamiento de unidades off-shore en operación.
- Análisis del comportamiento de balanceo en unidades fondeadas por medio de técnicas de amarre extendido.

Desarrollo de plataformas y artefactos dedicados a la explotación de los recursos marinos

En este objetivo se encuadran las plataformas y artefactos dedicados a la explotación de las pesquerías, acuicultura y demás recursos del mar.

Ante el agotamiento de los caladeros propios y las crecientes restricciones para faenar en otras aguas territoriales, es del todo punto necesario impulsar el establecimiento de un mayor número de granjas en mar abierto.

La viabilidad económica de las instalaciones de maricultura y el cumplimiento de las exigencias medioambientales sólo serán posibles a través de un decidido esfuerzo en I+D+I. Este esfuerzo es asimismo necesario para reducir la dependencia tecnológica del exterior en el diseño y suministro de equipamiento para dichas instalaciones.

Las líneas de actuación que se proponen para alcanzar este objetivo son:

- Desarrollo de granjas autónomas en mar abierto. Aplicación de la tecnología off-shore convencional a las granjas marinas.
- Nueva generación de granjas marinas de gran capacidad de producción (más de 10.000 ton/año) para aguas profundas y alejadas de la costa.
- Aplicaciones de teledetección por medio de satélites artificiales.
- Instrumentación para cuantificar biomasa.
- Desarrollo de aplicaciones para el análisis del comportamiento de las artes de pesca.
- Aplicaciones de las tecnologías de la información y las comunicaciones a las explotaciones pesqueras.
- Automatización de la manipulación y procesado del pescado a bordo y gestión de terminales pesqueras.
- Mecanización, monitorización y automatización de las distintas modalidades de pesca.

Mejora de los servicios portuarios

Los puertos juegan un papel fundamental en la cadena de transporte, constituyendo el enlace necesario entre el transporte marítimo y los medios de transporte terrestres. La mejora tecnológica de las infraestructuras y servicios portuarios son claves para que la función logística y de intermodalidad que desempeñan los puertos contribuyan de una forma más decisiva a impulsar el uso del transporte marítimo como alternativa a los medios de transporte terrestre. El impulso tecnológico es asimismo necesario para promover la calidad y seguridad de las operaciones y servicios prestados por los puertos, y la mejora de la gestión medioambiental en el entorno portuario. Se incluye en el ámbito de los puertos las instalaciones dedicadas a la náutica deportiva y de recreo.

En coherencia con lo anterior, cabe señalar como líneas de actuación en el ámbito portuario las siguientes:

- Desarrollo y aplicación de tecnologías en el ámbito de los puertos que favorezcan la intermodalidad del transporte.
- Desarrollo de tecnologías y sistemas en la gestión de la operativa portuaria.

- Desarrollo de nuevos materiales para obras en infraestructuras portuarias.
- Desarrollo de tecnologías favorecedoras de la gestión ambiental en el entorno portuario.

Mejora de la seguridad marítima

Para conseguir mejorar y optimizar el nivel de la seguridad marítima, no sólo es necesario que los buques sean fiables y seguros y estén dotados de todos los medios de salvamento necesarios, sino también que los elementos humanos que intervienen en el tráfico marítimo: tripulaciones y operadores de sistemas de control dispongan de la formación y procedimientos adecuados que garanticen la realización de sus funciones con mínimos niveles de riesgo.

Del mismo modo, a raíz de los atentados del 11 de Septiembre de 2001 en Nueva York, las instituciones marítimas internacionales (OMI) están poniendo cada vez más énfasis en la mejora de la protección frente a actos ilícitos en el ámbito marítimo y portuario, lo que implica, entre otras medidas, el desarrollo y utilización de técnicas y prácticas adecuadas para la inspección de todo tipo de cargas, en especial la transportada en contenedores y la carga rodada.

Con el objetivo de mejorar desde un punto de vista global la seguridad marítima, se plantean las líneas de actuación de I+D+I que se indican a continuación:

- Desarrollo de las herramientas de simulación para entrenamiento y formación de los operadores de buques.
- Mejora de la seguridad y la protección frente a actos ilícitos en el transporte marítimo.
- Mejora de los sistemas de comunicaciones de los buques y los sistemas de control e identificación, de interfaces o protocolos de comunicación entre dispositivos de identificación automática de buques (AIS) y los sistemas de comunicación a través de satélites.
- Diseño de radiobalizas personales y Equipos de Protección Individual (EPIs), orientadas para su utilización sobre todo en las tripulaciones de los buques pesqueros, que permitan un alto grado de supervivencia de las personas al caer al mar.
- Mejora de los sistemas, equipos y procedimientos de evacuación en buques de pasaje y de la seguridad de la vida humana en el mar.
- Desarrollo de procedimientos avanzados para toma de decisiones en situaciones de emergencia.
- Mejora en la utilización de los medios de salvamento mediante la utilización de ensayos de canal.
- Desarrollos para minimizar el impacto sobre la salud de ruidos, vibraciones y cualquier otro tipo de emisiones.
- Desarrollo de métodos más precisos de estimación de cargas estructurales en buques.
- Desarrollo de métodos de predicción del comportamiento del buque en avería.
- Estudio y análisis de accidentes marítimos.

Prevención de la contaminación y protección del medio ambiente

El objeto de esta acción es minimizar el riesgo de contaminación de nuestros mares y costas derivado del tráfico marítimo y disponer de elementos eficaces para combatir sus efectos en caso de accidentes.

Las líneas de actuación que se proponen para alcanzar este objetivo son:

- Desarrollo y mejora de técnicas de teledetección de manchas de contaminación, mediante la utilización de satélites, radar, o cualquier otro sistema que lo permita.

- Desarrollo de tecnologías para la recogida de los productos contaminantes de sistemas, equipos, y de buques especiales que permitan y faciliten la citada recogida y su tratamiento.
- Desarrollo de técnicas de simulación, modelización y predicción para la prevención de la contaminación y ayuda en situaciones de emergencia.
- Desarrollo de sistemas y equipos para reducción de emisiones de gases.
- Estudio sobre el impacto en las costas de las estelas de buques rápidos y los medios para su reducción.

Desarrollo del Transporte Marítimo de Corta Distancia (SSS – “Short Sea Shipping”)

La Comisión Europea ha definido esta acción como actividad prioritaria y de interés público.

El concepto SSS incluye el estudio y análisis de las rutas y sus flujos de transporte, los buques diseñados específicamente y las infraestructuras portuarias, con la integración de toda la cadena de transporte asociada.

El objetivo de esta acción se ha cuantificado en transferir al transporte marítimo todo el incremento previsto de tráfico de mercancías de los próximos años.

Las líneas de actuación para llevar a cabo esta acción son:

- Estudios de viabilidad de todos los sectores implicados en la cadena del transporte.
- Desarrollo de las infraestructuras, tecnologías y sistemas necesarias en el ámbito de los puertos.
- Desarrollo de diseños optimizados de buques para SSS y en particular de alta velocidad.
- Desarrollo de nuevos sistemas, medios y procesos de atraque y de carga y descarga.
- Integración del transporte marítimo de corta distancia en las cadenas logísticas intermodales europeas.

Desarrollo de zonas de refugio

Los últimos accidentes de buques y sus consecuencias han manifestado la necesidad de disponer de algún tipo de zona de refugio que permitiese actuar sobre el buque en condiciones de avería, con suficiente seguridad, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental y mejorar sus posibilidades de salvamento.

No existiendo en el mundo ninguna zona de refugio así definida ni soluciones al problema planteado, el primer objetivo de esta acción será establecer posibles definiciones conceptuales. Las líneas de actuación que se proponen son:

- Análisis de las zonas de riesgo, en función de los flujos de tráfico.
- Estudios de viabilidad de nuevas ideas y soluciones para el establecimiento de zonas de refugio.
- Desarrollo de diseños y prototipos de posibles soluciones.

SUBPROGRAMA NACIONAL FERROVIARIO

Dentro del Subsector del transporte ferroviario, los objetivos a conseguir se enumeran a continuación, así como las actuaciones concretas que los desarrollan:

Mejora de la seguridad en el transporte ferroviario

El ferrocarril se considera un medio de transporte seguro. El incremento de tráfico, el empleo de velocidades más altas y la liberalización del transporte ferroviario, se debe realizar manteniendo esos niveles de seguridad, sin pérdida de competitividad comercial.

Las líneas de actuación a considerar son las siguientes:

- Estudios sobre el factor humano en la seguridad. Desarrollo de métodos avanzados de formación, basados en tecnologías de simulación, para reducir el error humano.
- Investigaciones sobre seguridad activa y pasiva de los vehículos y mejoras del diseño de infraestructuras.
- Mejora de la capacidad de monitorización y diagnóstico de vehículos e infraestructura.
- Análisis y estudios sobre aspectos operacionales del ferrocarril centrados en la seguridad.
- Creación de estándares y validación de sistemas aplicables a la seguridad.
- Diseño y empleo de materiales resistentes al fuego y con baja emisión de humos.

Mejora de la capacidad del servicio de transporte ferroviario

La gestión del transporte abarca múltiples aspectos desde el diseño y desarrollo de nuevos vehículos ferroviarios hasta la gestión avanzada de la explotación del servicio de transporte de pasajeros y mercancías.

Las líneas de actuación propuestas en relación con este objetivo son las siguientes:

- Nuevos sistemas de gestión de flotas y personal.
- Localización dinámica de surcos.
- Incremento de velocidad de mercancías y carga por eje.
- Sistemas de acoplamiento automático y mando de vehículos acoplados por radio.
- Posicionamiento de trenes y gestión del tráfico.
- Monitorización de equipos de vehículos a distancia.
- Desarrollo de interconexión telemática de aplicaciones para redes de pasajeros y carga.
- Desarrollo de estándares para la creación de bases de datos de los sistemas de transporte y su arquitectura de operaciones.
- Desarrollo completo del sistema ERTMS en redes de grandes líneas, así como el UGTMS para líneas de material urbano.
- Optimización del cambio de ancho de vía y sus instalaciones asociadas.

Soluciones innovadoras y nuevos métodos de diseño, producción y mantenimiento

El auge de la alta velocidad en el ferrocarril europeo, donde se están alcanzando velocidades comerciales superiores a 300 km/h supone un reto tecnológico sin precedentes en el desarrollo de los sistemas ferroviarios, que deben cumplir con requerimientos de seguridad, velocidad, confort, mantenibilidad, fiabilidad cada vez más exigentes.

Las líneas de actuación en este ámbito son:

- Desarrollo de sistemas de rodadura avanzados, menos agresivos a la vía y más silenciosos. Suspensiones activas y semiactivas mediante aplicación de la mecatrónica, con inclinación de caja activa y pasiva.
- Aplicación de técnicas avanzadas experimentales y de simulación para el estudio de problemas dinámicos, aerodinámicos y choque.
- Identificación de materiales que mejoren el coste del ciclo de vida del producto.
- Desarrollo de nuevos procesos para el tratamiento de superficies, utilización de nuevos materiales y de técnicas de unión por adhesivos.

- Nuevos sistemas de propulsión (electrónica de control y potencia) .
- Sistemas de mantenimiento predictivo y preventivo con nuevos sistemas de monitorización y diagnóstico.
- Arquitecturas y servicios adaptados a su uso por personas de movilidad reducida.
- Nuevos sistemas para reducir costos de fabricación, útiles, sistemas modulares, piezas y equipos comunes.
- Automatización de procesos de fabricación robotización para soldadura, mecanizado y control de piezas.

Reducción del impacto ambiental

El ferrocarril dispone de ventajas ambientales en los aspectos de eficiencia energética, generación de ruidos, capacidad de transporte en comparación con otros modos de transporte, pero existen prioridades en relación con los vertidos, ruidos, emisiones de gases que deben ser objeto de nuevas acciones y estudios.

Las líneas de actuación a considerar son:

- Estudios para la reducción del ruido y las vibraciones.
- Mejora de la eficiencia energética, con resultado práctico en la disminución del consumo y utilización de subestaciones bidireccionales.
- Disminución de las emisiones de gases asociadas a los motores diesel.
- Reducción y control de las emisiones electromagnéticas.
- Empleo de materiales aptos para el reciclaje.

SUBPROGRAMA NACIONAL TRANSMODAL

El Subprograma Transmodal recoge aquellos conceptos de investigación básica que resultan comunes a los diferentes modos de transporte y previos a la aplicación específica en cada uno de ellos. Dichos conceptos están relacionados con la intermodalidad, el conocimiento de las redes, la seguridad en el transporte, el impacto medio ambiental, la información y los sistemas de comunicación.

A partir de dichos conceptos se definen las prioridades temáticas y las líneas de actuación específicas del presente Subprograma:

Intermodalidad

Con el objetivo de optimizar la transferencia modal, la calidad del servicio y la seguridad tanto en lo relativo al funcionamiento de las terminales de viajeros y de mercancías, como a las operaciones realizadas sobre estas últimas, con el objeto de que cada modo aporte la máxima eficacia del sistema. Asimismo, se considera necesario, desde el punto de vista de la mejora socioeconómica, la potenciación de la intermodalidad con eslabón aéreo y con eslabón marítimo.

Líneas de actuación

- Nuevos sistemas orientados a la mejora de la eficiencia de los procesos de intercambio modal en viajeros y mercancías.
- Desarrollo de equipos asociados a sistemas bimodales y multimodales.

- Herramientas para la potenciación de la intermodalidad vinculada a nuevos servicios de alta velocidad ferroviaria.
- Planificación y gestión de terminales enfocadas a la potenciación de la complementariedad modal.
- Optimización de la cadena logística con intervención del transporte: aspectos técnicos y de gestión.

Redes

El objetivo es en este caso desarrollar herramientas metodológicas adecuadas, que permitan la modelización, planificación, previsión y gestión de las nuevas redes de transporte, con la finalidad de conocer los efectos que sobre la movilidad, el territorio y la socioeconomía genera la puesta en servicio de nuevas infraestructuras de transporte, en concreto de vías de alta capacidad.

Líneas de actuación

- Desarrollo de herramientas que permitan el conocimiento de la movilidad en redes de nuevo diseño: alta velocidad ferroviaria y vías de gran capacidad.
- Herramientas para la planificación y gestión integrada del transporte y del tráfico.
- Desarrollo de metodologías de evaluación de los efectos generados por las nuevas infraestructuras del transporte sobre la movilidad, el territorio y la socioeconomía.
- Análisis de procedimientos financieros para la puesta en servicio de nuevas infraestructuras.

Seguridad

Al objeto de elaborar nuevas estrategias que ayuden a la reducción de accidentes, prestando especial atención a aquellas que hacen referencia al factor humano, al desarrollo de herramientas de simulación y a la posibilidad de la transferencia a otros modos de aquellas tecnologías desarrolladas y ya consolidadas en un modo concreto.

Líneas de actuación

- Actuaciones encaminadas al análisis del factor humano en la conducción a fin de mejorar la ergonomía en la interfase hombre-maquina e incrementar la seguridad.
- Análisis comparado, entre distintos modos, de los índices y causas de la accidentabilidad, así como la mejora de la calidad de los sistemas de registro.
- Desarrollo de estrategias preventivas en relación con la etiología de los accidentes.
- Desarrollo de herramientas de simulación previa a la aplicación específica a cada uno de los modos.
- Desarrollo de metodologías encaminadas a mejorar la seguridad activa.
- Transferencia entre modos de tecnología, procedimientos y herramientas.
- Seguridad en el transporte de mercancías peligrosas.

Impacto Medio Ambiental

Con el objetivo de desarrollar técnicas y procedimientos encaminados a disminuir el impacto ambiental derivado de las emisiones, ruidos y vibraciones generados por los distintos modos, el reciclado de residuos y la transferencia entre modos de tecnologías ya consolidadas.

Líneas de actuación

- Estrategias, programas de vigilancia y aspectos legislativos y administrativos dirigidos a combatir la contaminación generada por los distintos modos de transporte.
- Metodologías encaminadas a la evaluación de las diferentes infraestructuras del transporte, desde el punto de vista paisajístico y territorial a efectos de garantizar la Sostenibilidad.
- Nuevos procedimientos encaminados a optimizar las técnicas de reciclado de residuos.
- Transferencia entre modos, de tecnología, procedimientos y herramientas.

Información y Sistemas de Comunicación

El objetivo de este apartado es optimizar los sistemas de comunicación con el objeto de incrementar la seguridad y de obtener el máximo rendimiento a partir de la disminución del tiempo de operaciones. Así mismo se entiende como prioritario el desarrollo de sistemas de información dirigidos a los usuarios, tanto a los viajeros en terminales o en vehículos, como a las mercancías, con el fin de tener un conocimiento más eficaz de su "traza".

Líneas de actuación

- Telemática y flujo de información en el transporte de mercancías.
- Sistemas de telepago, gestión y explotación de infraestructuras.
- Optimización de la gestión de flotas a partir del desarrollo de nuevos sistemas de comunicación.
- Sistemas telemáticos que sirvan para la detección de emergencias o el auxilio de emergencias.
- Transferencia entre modos de tecnología, procedimientos y herramientas.
- Sistemas de información y ayuda al tráfico, navegación, circulación y conducción.
- Sistemas de información a los usuarios del transporte y a los viajeros en terminales y en vehículos.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

En el sector de la automoción se registra en la actualidad una excesiva competencia y fragmentación entre centros de tamaño medio localizados en las diferentes Comunidades Autónomas que por otra parte drenan recursos a la hora del establecimiento de centros especializados vinculados directamente con los fabricantes de vehículos o componentes.

Por otro lado, una de las últimas tendencias en este sector se refiere a los proveedores de módulos. La unión de varios fabricantes de componentes para la fabricación de módulos es una estrategia que está aumentando la competitividad de las empresas que además aumentan su tamaño y distribución al verse obligadas a ser globales, es decir, que suministre el componente, el conjunto o el módulo donde el fabricante vaya a realizar su vehículo. Todo ello implica igualmente inversiones tecnológicas en el ámbito de las fábricas ensambladoras de vehículos, tanto en lo concerniente a tecnologías en el montaje modular, como en la sistemática logística del mismo.

A esta potenciación han de contribuir en gran medida los centros de investigación, centros tecnológicos y sectoriales, así como los departamentos de las universidades que participan actualmente en el desarrollo tecnológico de este sector y, más en concreto, en el subsector de componentes y equipos.

Para conseguir este fin se hace necesario que el sector de la automoción actúe conforme a los siguientes criterios:

- Potenciación de la puesta en marcha de nuevos Centros de I+D en España vinculados a los fabricantes de vehículos y componentes, y el aumento y especialización de las capacidades de los existentes.
- Creación de Centros altamente especializados en materias concretas que puedan dar servicios comunes tanto a empresas como a otros centros de investigación: cálculo, simulación, realidad y prototipado virtual, materiales, mantenimiento, vehículos especiales optimizando con ello las necesidades de recursos y disponiendo así de bases de conocimiento que permite investigaciones básicas para la innovación de elementos instrumentales necesarios para el desarrollo y la innovación que el sector necesita.

En el sector aeronáutico los problemas y limitaciones a la competencia y los costes destinados a la investigación aplicada y al desarrollo precompetitivo hacen imprescindible disponer de centros que soporten de forma extraempresarial esas actividades, como vía de compartir conocimientos y gastos. Los requerimientos más inmediatos son:

- Laboratorio de investigación para ensayos fluidodinámicos de turbomaquinaria tanto a nivel de componente como a nivel modular.
- Centro para el Desarrollo de Materiales Compuestos basado en la cooperación de Empresas, Universidades e Instituciones Públicas a fin de consolidar el liderazgo tecnológico de España en la materia. A pesar de que inicialmente se plantea para aplicación en el Sector Aeronáutico, debe generar importantes sinergias en los otros sectores del Transporte especialmente el Ferroviario.
- Creación de una red de Centros de ensayos de Acústica aeronáutica.
- Instalaciones de ensayo a cielo abierto de motores de gran tamaño, para medidas de impacto medio ambiental y respuesta a viento cruzado, ingestión de hielo, arranque en frío, entre otros.
- Laboratorio de investigación de materiales para alta temperatura.
- En el área de ensayos de calificación y certificación es necesario cubrir las grandes lagunas existentes en cuanto al área de sistemas de actuación y aterrizaje avanzados.
- Ampliación y Certificación (ISO 17000) del actual Laboratorio de Rayos (LCOE), esencial para la correcta protección estructuras de composites. Además del Sector Aeronáutico, tendría importantes aplicaciones en la evaluación instalaciones generadoras de alta tensión en trenes de alta velocidad.
- Laboratorio de Motores Eléctricos de nueva generación y Células de Combustible eficientes para el Sector del Transporte.

En España existen dos grandes instalaciones relacionadas con la investigación y desarrollo en el sector marítimo: el Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo, dedicado íntegramente al estudio, predicción y optimización de las características y el comportamiento hidrodinámico de buques y otros artefactos oceánicos y el Centro de Experimentación de Puertos y Costas, relacionado con el sector marítimo en su aspecto portuario.

Ambas instalaciones están reconocidas por la UE como Grandes Instalaciones en su Programa de Acceso a Grandes Instalaciones, subvencionando al 100% los costes de realización de ensayos para investigadores de la UE no españoles.

Son centros de reconocido prestigio a nivel nacional e internacional y participan activamente en proyectos de investigación y desarrollo en colaboración con empresas, universidades y otros centros de investigación nacionales e internacionales.

Estos centros son imprescindibles para el desarrollo de nuevos proyectos en el sector marítimo, mejora de su seguridad, eficacia y economía y para la validación de modelos numéricos.

Con objeto de aprovechar al máximo sus posibilidades es importante:

- Potenciar su capacidad mediante el desarrollo continuo de nueva instrumentación y la actualización de los medios disponibles para adaptarse a las nuevas necesidades del sector como buques de alta velocidad o producción en aguas profundas. Ello implica por ejemplo la mejora de su capacidad de generación de oleaje a escala o el desarrollo de sistemas de medida del flujo sin contacto.
- Facilitar el uso de las instalaciones a PYMES y Universidades.
- Fomentar el desarrollo y aplicación de métodos de cálculo numérico tendiendo hacia el "Canal Virtual". Ello implica la realización de ensayos específicos para validación de los códigos.

La estructura de la industria ferroviaria y la metodología de compras y suministros de material de serie de trenes según el formato de concursos públicos traslada los centros de I+D a las industrias, que deben hacer frente a requisitos técnicos cada vez más sofisticados.

La implantación de centros de I+D, con dedicación exclusiva, es una constante en la industria ferroviaria, no sólo de las grandes empresas integrales, sino de las de tamaño intermedio y pequeño, que deben asumir cada vez soluciones técnicas más complejas.

Las actuaciones de I+D, se tienen que realizar a través de:

- Empresas constructoras y mantenedoras.
- Centros Tecnológicos tanto privados como asociados a Universidades.
- Empresas Operadoras.

Ante el horizonte que presenta el Sector Ferroviario de una progresiva liberalización, el Programa Nacional de Medios de Transporte apoyará la creación de instalaciones científico-técnicas para los ensayos y pruebas en vía y para eventuales homologaciones en material móvil y equipos ferroviarios.

La interoperabilidad supone también un esfuerzo importante en la armonización de las especificaciones técnicas y requisitos a cumplir, por cada vez más componentes, materiales, y equipos varios que deben ser ensayados, probados y certificados de acuerdo con la nueva normativa que se está generando y que necesita de la correspondiente infraestructura en cuanto a instalaciones y medios para ser llevada a cabo.

Por ello se podría promover un Instituto Nacional de la Tecnología Ferroviaria que coordine los diversos centros de I+D que existen actualmente, diseminados entre Organismos Públicos, Universidades y Centros Tecnológicos, operadores y empresas ferroviarias.

Para impulsar y financiar las actividades de todos ellos de acuerdo a unas directrices claramente establecidas y con aprovechamiento de sinergias.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

A continuación se enumeran los objetivos a alcanzar, dentro de las cinco categorías de actuaciones horizontales previstas en el Plan Nacional. Las características de las actuaciones que se proponen implican su consideración común para todo el Programa Nacional. .

5.1 Recursos humanos

- Potenciar la formación de nuevos investigadores y tecnólogos, así como el mantenimiento y la actualización de las capacidades de los ya existentes.

- Dotar los recursos y normativas, que se necesitan para poder estructurar programas de becas eficaces, que permitan facilitar la formación como investigadores a nuevos titulados.
- Dotar los recursos y normativas necesarios para permitir la contratación de profesionales, dentro de proyectos de I+D+i, así como el facilitar la movilidad de los mismos hacia nuevos proyectos donde sean necesarios.
- Articular instrumentos que potencien la colaboración activa en actividades de contenido técnico científico (formación, asesoramiento, etc.) de personas de probada experiencia en el sector de transporte.
- Articular modelos e instrumentos que potencien la realización de tesis doctorales al amparo de Centros Tecnológicos y unidades de investigación de empresa, para captar a profesionales altamente especializados para el sector.
- Dar contenido técnico y científico al trabajo de los becarios en las Empresas y Centros de Investigación, retribuyendo a éstas la parte formativa si éstos se incorporan a la empresa o centros de investigación.
- Apoyar el desarrollo de programas específicos de formación, de alto nivel, orientados a la especialización de recursos humanos directamente implicados en la gestión de I+D+I de las empresas, Centro Tecnológicos y Organismos Públicos de Investigación, en el sector.
- Potenciar y favorecer el intercambio de profesionales y especialistas entre Centros de Investigación nacionales y extranjeros.
- Favorecer la especialización en las distintas áreas vinculadas a este Programa Nacional en la enseñanza técnica universitaria.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

- Favorecer la adquisición y explotación de patentes y bases de conocimiento y potenciar específicamente la obtención de patentes por empresas y centros nacionales para su explotación internacional.
- Potenciar la investigación prelegislativa que permita a las empresas responder en tiempo a las necesidades que las exigencias legales le van a plantear.
- Promover la presencia de las empresas de equipos y componentes y nuevos sistemas de propulsión, hoy muy escasa, con el apoyo de las unidades de investigación especializadas y existentes en el ámbito universitario.
- Incorporar medios y equipos de producción e inspección que por su especial complejidad implican un salto innovador y competitivo especial para la empresa y que da lugar a fases de puesta a punto costosas.
- Incorporar la participación de Pymes en el tejido productivo (networking industrial) en las principales empresas tractoras de la actividad de los sectores relacionados con este Programa Nacional.
- Apoyar las innovaciones competitivas y en particular aquellas novedades de excelencia que supongan un interés científico-técnico por sí mismo, con un horizonte no lejano de comercialización y competitividad en el sector tecnológico correspondiente.

5.3. Cooperación internacional

- Dar soporte adecuado de ayudas a la preparación de ofertas en proyectos de consorcios internacionales que implican costes elevados previos a la realización de los mismos.

- Fomentar la cooperación internacional, no solo dentro de las áreas de investigación privada, sino igualmente la cooperación con universidades y organismos públicos similares de otros países, especialmente de la Unión Europea.
- Aumentar y potenciar la presencia española en las asociaciones europeas relacionadas con los sectores objeto de este Programa Nacional.
- Favorecer la presencia de empresas en programas de la UE, prestando apoyo por la presentación de proyectos y la identificación de socios comunitarios.
- Promover la difusión internacional específica de las capacidades tecnológicas nacionales de empresas y centros de investigación del sector.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

- Establecer una base de datos informática a nivel estatal que integre todas las informaciones y novedades de alto contenido tecnológico y científico relacionado con los temas de común utilización por las empresas del sector, centros tecnológicos y centros docentes, a fin de facilitar la realización de las actividades de I+D, potenciada a través de Observatorios de Vigilancia y Prospectiva, especializados por materia.
- Difundir entre la sociedad los aspectos tecnológicos de los vehículos que resalten sus cualidades positivas de seguridad y protección ambiental, a fin de provocar la demanda de estas cualidades por parte de los consumidores en reconocimiento al esfuerzo de calidad que en este sentido realiza el sector industrial, (directiva comunitaria SAVE, calificación de EuroNCAP).
- Facilitar los medios para que las empresas puedan establecer programas de cooperación con países en vías de desarrollo a fin de aplicar los nuevos productos logrados a los sectores económicos de los mismos.

6 Relación con otros programas nacionales

Se relacionan a continuación aquellos Programas que en función de los ámbitos temáticos previstos podrían tener algún tipo de conexión con el Programa Nacional de Medios de Transporte.

- Programa Nacional de Energía. Se prevé una relación especialmente intensa en el apartado de Tecnologías alternativas de propulsión de bajas emisiones y nuevos combustibles dentro del Subprograma de automoción. Con carácter general habrá puntos de contacto con el conjunto de los cinco Subprogramas y en particular en apartados relacionados con pilas de combustibles.
- Programa Nacional de Diseño y Producción Industrial. Los puntos de contacto tienen que ver con los apartados maquinaria, robótica, tecnologías de diseño y automatización de procesos, tecnologías de fabricación y diseño, simulación y prototipado, entre otros y afectan de manera más intensa a los Subprogramas de Aeronáutica y Transporte Marítimo.
- Programa Nacional de Materiales. Su incidencia podría tener que ver con la investigación de nuevos materiales más ligeros y/o más reciclables (sector automoción), o con materiales compuestos y metálicos (sector aeronáutico). También es previsible alguna incidencia en el Subprograma de Transporte Marítimo.
- Programa Nacional de Construcción. Es posible la existencia de puntos de contacto en el caso de que este Programa oriente alguna de sus actividades al sector de las infraestructuras viarias.

- Programa Nacional de Tecnología de Servicios de la Sociedad de la Información. La aplicación extensiva de la electrónica y la informática, han derivado en una cada vez mayor utilización de los sistemas inteligentes de transporte en beneficio de la calidad, seguridad y eficacia en el transporte. Por otra parte, la incorporación de las nuevas directivas de distribución comunitarias, van a significar entre otras cosas, la incorporación de nuevos sistemas de información entre fabricante de marca y la red de distribución, que se sumarán a las ya existentes a lo largo de la cadena de suministro y que afectan al diseño colaborativo, al comercio electrónico y al intercambio electrónico de datos. También hay que destacar el uso cada vez mayor de los sistemas de comunicación para la gestión de flotas y, en general, para obtener mejoras en el área de la logística y la utilización de las infraestructuras
- Programa Nacional de Espacio. Podría tener vinculaciones colaterales con el Subprograma de Transporte aéreo en cuestiones tales como la navegación y los sistemas ATM GPS.
- Programa Nacional de Ciencias y Tecnologías Medioambientales. En el caso del Subprograma de Automoción será muy de considerar el uso imprescindible de las pinturas como posible punto de contacto con este Programa. Otro tanto sucede en la actuación específica de reciclado de residuos correspondiente al Subprograma de Actuaciones Transversales y al de Transporte Marítimo. Las cuestiones relacionadas con la calidad del aire y el impacto acústico deben ser consideradas de forma particular tanto en el Subprograma de Transporte aéreo como en los de automoción y Transporte ferroviario.
- Programa Nacional de Recursos y Tecnologías Agroalimentarias. El Subprograma de Transporte Marítimo, debe ser considerado como complementario, en sus objetivos relacionados con la pesca y la acuicultura, en el sentido de que en este último se incluyen los desarrollos de nuevos artefactos, buques y sistemas necesarios para la explotación de estos recursos sin entrar en los aspectos biológicos ni del crecimiento alimentario y su relación con el medio ambiente.

Programa Nacional de Construcción

1 Ámbito del programa nacional

Históricamente, el sector de la construcción ha estado en el centro de las actividades cotidianas de lo que entendemos por civilización. Al margen de otros campos del desarrollo humano, la construcción, bien sea a través de obras de singular importancia artística, social o económica, bien sea por la necesidad universal de vivienda, se entiende como una actividad nuclear dentro de la sociedad.

Como unidad macroeconómica, su repercusión es muy elevada dentro de cualquier país y, desde luego, en el nuestro. Ello se refleja en el alto porcentaje del PIB nacional generado por la construcción, por la ocupación de un gran activo laboral y por la trascendencia de sus magnitudes globales sobre el resto de actividades del país.

Su consideración socioeconómica nos lleva a entender que el momento presente, con un parque de vivienda realizada superior a los 20 millones de unidades, y un crecimiento de medio millón anual, y con un Plan de Infraestructuras y un Plan Hidrológico Nacional, ambos de gran envergadura y repercusión sobre el posterior desarrollo de todas las regiones, exige del sector de la construcción estar preparado para dar respuesta a todos estos retos con el máximo nivel de prestaciones. Y ello, no cabe duda, requiere un esfuerzo innovador para adaptarse a las mejores cotas de calidad de nuestro entorno en la Unión Europea.

Junto a tal nivel de exigencia, es un deseo inequívoco el de ser capaces de configurar una construcción sostenible que, en todos los ámbitos en que dicha sostenibilidad se traduce, contribuya a un crecimiento armónico de nuestra sociedad y que sienta las bases del mejor futuro para las generaciones venideras.

El sector de construcción, a efectos del presente Plan Nacional se define como un sector compuesto no sólo por el sector de las empresas constructoras generales y especializadas, que se referencian en términos administrativos y fiscales, sino también por diferentes sectores íntimamente ligados con éste en una dependencia mutua, entre otros, por los sectores de fabricantes de materiales y productos empleados en la construcción, los fabricantes de maquinaria y accesorios y los servicios técnicos. También se incluyen en el sector las asociaciones y organizaciones de todo tipo vinculadas con el mismo. Junto con esta multiplicidad de agentes que intervienen en el proceso constructivo, debemos de tener en cuenta el importante papel de las administraciones públicas, sean estatal, autonómica o local, tanto en su vertiente de gran promotor o propietario de infraestructuras y edificaciones, como en su aspecto legislador e impulsor de reglamentación y normativa. Bajo el punto de vista del desarrollo de las actividades de I+D+I habrá que tener en cuenta también la labor desarrollada en los diferentes centros de investigación, ya se trate de universidades, centros públicos de investigación o centros tecnológicos.

A continuación se recuerdan algunas peculiaridades que hacen del sector de la construcción un campo específico de trabajo frente a otros sectores industriales:

- Importante repercusión en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida completo.
- Materiales en constante evolución ante nuevas y más exigentes prestaciones.
- Descentralización de las responsabilidades y centros de decisión, provocado por la propia dispersión de los centros de trabajo.
- Estructura diferenciada del personal de las empresas, con alta rotación y altas carencias formativas del personal de obra, en determinados segmentos de las empresas constructoras, y con baja rotación y alto nivel de cualificación en las industrias que suministran materiales, maquinaria o servicios técnicos.
- Alto grado de subcontratación, motivado por la búsqueda del abaratamiento de los costes y la flexibilidad para las puntas de trabajo, lo que motiva que el sector esté constituido fundamentalmente por PYMES (más del 95%) y un número reducido de grandes empresas.
- Altos riesgos laborales en las empresas constructoras, muy superiores a otros sectores industriales, que se constatan por la alta tasa de siniestralidad, superior en España respecto a otros países más avanzados de Europa.
- Capacidad de adaptar y crear un entorno construido de edificaciones e infraestructuras que permita su acceso y utilización a todas las personas, de manera especial a las discapacitadas.
- Niveles bajos de I+D en las empresas constructoras, mientras que es más alto en la industria suministradora de materiales, de maquinaria y de servicios técnicos.

Los factores anteriores, característicos del sector de la construcción durante los últimos años, revelan la existencia de grandes oportunidades de mejora, que serán abordadas en este nuevo Programa Nacional de Construcción. El Programa Nacional constituye un magnífico instrumento para lograr un salto de calidad del sector, a través de la I+D+I, teniendo como parámetros fundamentales, la sostenibilidad, la seguridad, la calidad y la competitividad. Las necesidades actuales en materia de I+D+I del sector de la construcción aconsejan dar continuidad al Programa Nacional de Construcción, con un ámbito de actuación más amplio, definido por un conjunto de temas, disciplinas o áreas de conocimiento consideradas prioritarias desde el punto de vista científico-tecnológico y que darán cobertura a las necesidades del sector antes apuntadas y del conjunto de agentes participantes en el mismo.

El ámbito general de desarrollo del Programa Nacional de Construcción se centrará en los cinco ámbitos de actuación siguientes:

Construcción sostenible

El desarrollo sostenible se ha definido como aquel que satisface las necesidades de la actual generación sin poner en peligro las oportunidades de las generaciones futuras de satisfacer las suyas. El concepto incluye no solo al medio ambiente sino también a los intereses sociales y económicos. Estos intereses deben combinarse y compatibilizarse a todos los niveles.

Como consecuencia de lo anterior, la construcción sostenible se orienta hacia una reducción de los impactos medioambientales causados, por un lado, por los procesos genéricos de la construcción, uso y deconstrucción de las edificaciones e infraestructuras, y por otro, en relación con el ambiente y entorno implicados. Asimismo busca una adecuada interacción con el usuario y sus necesidades presentes y futuras. De igual modo son fundamentales el uso eficaz del terreno, la adaptación a las necesidades de los usuarios, incluyendo los discapacitados y las personas mayores y la creación de un ambiente saludable en lo construido.

Los procesos de construcción y el uso de los materiales deben ser consecuentes con una utilización eficiente de la energía y con una minimización de los residuos. Asimismo, estos materiales y productos deben ser renovables, desmontables y reutilizables e integrar los residuos como materia prima secundaria base del reciclaje.

Es necesario tener en cuenta que, con respecto a un material, elemento constructivo o construcción, el término sostenible contiene la durabilidad como capacidad de resistir por un tiempo determinado al deterioro de sus características funcionales provocado por las acciones físicas, químicas y mecánicas.

El desarrollo de la construcción sostenible debe comenzar por una consideración de los impactos ambientales que permita, a través del análisis del ciclo de vida, la comparación de materiales productos y procesos, incluyendo los aspectos económicos dentro de su análisis. En este punto, debe alcanzarse la percepción de que la puesta en práctica de los fundamentos de la sostenibilidad lleva implícito una rentabilidad económica manifiesta en su misma esencia.

Materiales y productos para la construcción

El desarrollo de materiales y productos (incluyendo los de sistemas prefabricados) de altas prestaciones para la construcción (por ejemplo resistencia, durabilidad, eficiencia y seguridad) es un campo esencial para garantizar el cumplimiento satisfactorio de los requisitos precisos para alcanzar una construcción sostenible.

Cabe señalar la importancia de apoyar las innovaciones incrementales y evolutivas en el desarrollo de productos como una manera efectiva y eficaz de avanzar en la mejora de prestaciones y calidades, sin tener que pasar necesariamente por innovaciones radicales. Además, este sector puede hacer uso con gran éxito de este tipo de actuaciones, al igual que de aquellos trabajos derivados de nuevos usos sobre materiales tradicionales.

La industrialización de la construcción, mediante la incorporación de todo tipo de elementos producidos en fábricas en condiciones estables (prefabricados, productos de acabado final, etc.), sistematiza los procesos constructivos reduciendo la variabilidad del proceso y consiguiendo mejores prestaciones. Es preciso realizar acciones en su diseño, caracterización mediante ensayos, mejoras en los sistemas de producción, control y transporte; la investigación prenormativa y el desarrollo de herramientas que faciliten su prescripción, recepción e incorporación a las obras, deben incrementar la seguridad y fiabilidad de las mismas.

Otro aspecto importante es la valorización de subproductos y reutilización de materias primas secundarias procedentes de diferentes actividades industriales, incluida la construcción, de forma que puedan ser utilizados de manera eficiente en la fabricación de materiales y productos para la construcción. Finalmente, es preciso tener un mejor conocimiento del análisis del ciclo de vida de los materiales y productos de construcción.

Tecnologías, sistemas y procesos constructivos

El desarrollo de tecnologías, sistemas y procesos constructivos más innovadores y competitivos permitirá garantizar mayores niveles de calidad y seguridad exigibles en la construcción, así como la mejora de la competitividad general del sector a través de su modernización y tecnificación. En este sentido, la industrialización de la construcción racionaliza los procesos constructivos, reduce sus tiempos de ejecución, los riesgos laborales, el impacto medioambiental y los recursos necesarios.

Se precisan actuaciones en diseño, mejora de prestaciones, experimentación para verificación y optimización, mejoras en sistemas de producción, control y transporte, desarrollo de elementos auxiliares, instrucciones de manejo y colocación, mejora de la salud laboral, etc.

Ante requerimientos singulares se precisan acciones especiales de diseño y validación experimental, incluso mediante la construcción de prototipos, de forma que se simplifiquen los procesos constructivos, también, en estos casos.

Sistemas de evaluación y gestión en la construcción

Las nuevas posibilidades tecnológicas permiten, y los requerimientos sociales así lo exigen, a contemplar el hecho constructivo en su ciclo completo, desde su concepción hasta su deconstrucción, considerándolo como un proceso de integración de sistemas pasivos y activos, permanentes y temporales, aportados por una multitud de agentes que intervienen en cada una de las fases del ciclo, sobrepasando la focalización mantenida hasta ahora en aspectos parciales del proceso constructivo.

El Programa Nacional debe favorecer, por tanto, la comprensión global del hecho constructivo en su ciclo completo y en cada una de sus fases, incluida la relación entre los agentes intervinientes en el proceso, así como promover la creación de los modelos y las herramientas de computación necesarios para evaluar y gestionar sus aspectos fundamentales: eficiencia energética, impacto ambiental, vida útil, seguridad, etc. Así mismo, debe permitir la integración de las tecnologías de la información y de las comunicaciones en los procesos de producción y modelos de negocio del sector de la construcción, adaptando y creando herramientas orientadas a la integración y gestión inteligente del proceso constructivo en cada una de las fases, la gestión y operación de los equipos y dispositivos utilizados, la gestión y explotación de las infraestructuras creadas y la incorporación del sector en la sociedad de la información y del conocimiento.

Mantenimiento, evaluación y rehabilitación de infraestructuras y edificaciones

La inversión en construcción de obra pública y vivienda ha sido muy relevante en las últimas décadas, de forma que el parque de infraestructuras y edificios construidos es cada vez mayor en nuestro país. Con objeto de prolongar la vida útil de estas infraestructuras y edificaciones o facilitar su uso alternativo, es preciso desarrollar procedimientos eficaces para la planificación y optimización de los programas de inspección y de mantenimiento de las mismas, lo que incluye el estudio de su influencia sobre la fiabilidad y eficacia, tanto en términos funcionales como de seguridad. También se deben poner a punto métodos para la evaluación de la fiabilidad de las construcciones existentes, afectadas o no por procesos de deterioro.

Finalmente, es preciso desarrollar usos alternativos y métodos efectivos para la planificación y ejecución de las medidas de rehabilitación de construcciones y estructuras de diferentes materiales constitutivos y tipologías, así como para la evaluación de su eficacia.

2 Justificación de la priorización del programa

La importancia del sector de la construcción viene marcada principalmente por su influencia en la evolución de nuestra sociedad, ya que afecta directamente a la calidad de vida de los ciudadanos, que muestran un interés creciente por experimentar mayores niveles de seguridad y confort, así como de integración con su hábitat. Su doble vertiente de actuación en la edificación y en las infraestructuras de ingeniería civil, imprescindibles para el suministro de servicios y la movilidad ciudadana, justifican su importancia.

La construcción, como sector que aglutina diversos sectores, requiere abordar su estudio desde una perspectiva global e integrada dentro de un Programa Nacional específico, que pueda ser completado, no obstante, mediante actuaciones incluidas en otros programas del Plan Nacional.

Asimismo es necesario fomentar el desarrollo de nuevos conocimientos científicos y aplicar los desarrollos de otras áreas a la construcción, siempre orientados desde el carácter pluridisciplinar de la misma.

La construcción es la actividad industrial más tradicional de nuestro país, y contribuye de forma muy significativa al PIB. No debe olvidarse, además, el efecto sobre el empleo: cada 60.000 euros invertidos en el sector significan aproximadamente la creación de un puesto de empleo directo y 0,6 indirectos. Asimismo el efecto multiplicador global estimado para el sector en España es de dos, lo que quiere decir que una subida de un punto porcentual en la demanda constructiva se traduce en casi el doble de subida en la producción económica del país. No obstante, la productividad en este sector puede considerarse baja, dándose porcentajes de tiempo no productivo incluso del 50%. La I+D+I debe tener una orientación clara hacia la mejora de la competitividad, productividad, calidad y seguridad, con criterios claros de que sus actuaciones deben ser sostenibles, tanto bajo el punto de vista ambiental, como económico y social, lo cual dará lugar a unos beneficios claros para la economía nacional, la propia industria de la construcción, así como para la ciudadanía en general. El desarrollo e implantación de estas nuevas tecnologías puede dar lugar a la aparición de nuevos tipos de empresa, con conocimientos especializados.

La actividad de la construcción, en relación con la mayor parte de otras industrias, presenta unos niveles de inversión en investigación y desarrollo muy bajos. Se estima unos valores de inversión en I+D del 0,122% de su actividad, y teniendo en cuenta los gastos de innovación, la inversión en I+D+I alcanza el 0,694%. El sector entero tiene que experimentar un cambio radical para permitir que se superen muchas de las barreras a la innovación existentes.

La innovación es un elemento crucial y desempeña un papel central en el desafío de proporcionar una alta calidad a precios competitivos, para responder a las expectativas del cliente y asegurar un desarrollo sostenible no sólo ecológica y económicamente sino también social y culturalmente. El apoyo y estímulo de la innovación y del desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías, particularmente en industrias tradicionales tales como la construcción, debe ser un objetivo esencial de los programas estatales, autonómicos, locales y europeos.

El obligado mercado CE de numerosas familias de productos de construcción, resultado de la paulatina entrada en vigor de las pertinentes disposiciones europeas, puede requerir una serie de estudios y de modificaciones en el proceso productivo en ciertos materiales y productos, que en algunos casos, suponen un avance para la competitividad de la construcción española y que necesitan ser incorporados al Plan Nacional de I+D+I. Por su parte, la nueva reglamentación y normativa técnica del sector debe alimentarse de unas sólidas bases de conocimiento e investigación denominada prenormativa que justifiquen la asignación de recursos específicos.

El importante programa de inversiones que las diferentes Administraciones del Estado van a realizar en los próximos años, contemplados tanto en los presupuestos ordinarios, como en los distintos Planes Nacionales (Plan Nacional de Infraestructuras, Plan Hidrológico Nacional, etc.), precisa de un esfuerzo análogo en el campo de la investigación, el desarrollo y la innovación, que posibilite la mejora de la productividad y la competitividad de las empresas nacionales del sector y que sea capaz de garantizar un aprovechamiento óptimo de los recursos económicos empleados. Esta necesidad de inversión en I+D+I, a través del Programa Nacional es quizás más importante si se observan los vacíos de actuación o coberturas que la actual estructura del VI Programa Marco de la UE plantea tanto en lo referente a los sectores tradicionales como en el de la construcción.

El nivel de actividad internacional de la construcción es generalmente un indicador de la competitividad del sector. Dentro de este proceso se va observando una actividad creciente de las empresas constructoras, ya sea por la vía de la participación en grandes obras emblemáticas, en el ámbito de la Unión Europea, ya sea por la vía de la adquisición o fusión con otras empresas. Por su parte, el sector de fabricantes de materiales hace bastantes años que se enfrenta a una fuerte competencia tanto en el mercado nacional como en el internacional. Dentro de este campo, el liderazgo tecnológico se presenta como una necesidad ineludible para las empresas españolas con el fin de competir de igual a igual con

las grandes empresas europeas. Por otra parte, el apoyo europeo a la investigación y al desarrollo tecnológico desempeña un papel importante para ayudar a la industria a afrontar estos desafíos y la nueva competencia proveniente del exterior de Europa.

Por otro lado, hay que resaltar que la construcción es la primera actividad en términos de siniestralidad, manteniendo índices inaceptables, no sólo en cuanto a mortalidad, sino que la pérdida anual de jornadas laborales por causa de accidentes es también muy elevada. Asimismo, el tiempo empleado en la corrección de defectos provocados por una deficiente formación en los trabajadores se estima que, en edificación, supone más de 1,5 h/m² construido. Si a estas circunstancias se añade que la población laboral ocupada en este sector industrial representa más del 11% del total, puede concluirse que el Plan Nacional debe plantearse como una herramienta que permita mejorar los niveles técnicos, tecnológicos y de seguridad de los trabajadores del sector.

En construcción, el desarrollo de un proyecto o de la propia obra implica en muchas ocasiones innovación, tanto en cuanto a los materiales, productos y sistemas empleados, como en cuanto a su concepción. Esta innovación es generalmente de carácter puntual, en muchas ocasiones tiene una base semiempírica y no suele registrarse, ni se explota adecuadamente. La necesidad de una respuesta rápida impide habitualmente un análisis científico con profundidad de las soluciones adoptadas en las cuales pueden no contemplarse aspectos inicialmente considerados secundarios, no tradicionales, como aspectos funcionales, de durabilidad, etc., que se revelan posteriormente fundamentales. Es necesario el estudio sistemático de las soluciones adoptadas con una visión científica, evaluando su comportamiento y estableciendo modelos de predicción que permitan valorar su adecuación a las nuevas exigencias técnicas y reglamentarias.

Debe también destacarse que el sector, considerado globalmente, no tiene un desarrollo suficiente en lo relativo a conceptos operativos, procesos y tecnologías. Presenta, entre otros, un retraso comparativo considerable en el uso de tecnologías de la producción, de la información y de las comunicaciones, que deben servir como herramientas de soporte para facilitar el avance y modernización del resto de tecnologías, además de facilitar el intercambio de experiencias y del conocimiento acumulado.

El actual sistema de I+D+I compuesto por los centros públicos de investigación, las universidades y los centros tecnológicos, conjuntamente con los departamentos técnicos de las empresas del sector, ofrece una base sólida para la consecución de los objetivos científicos y tecnológicos de este programa. Dentro de los centros públicos de investigación con actividad relacionada con la construcción se pueden citar el CSIC, el CEDEX, el CIEMAT, etc. En cuanto a las universidades, debe destacarse la actividad desarrollada por numerosos departamentos de diferentes escuelas y facultades, en los cuales se concentran un importante número de proyectos de investigación dentro de programas, tanto nacionales como europeos. El sistema se completa con un conjunto amplio de centros tecnológicos privados relacionados con la construcción, con experiencia para el desarrollo de la actividad científica y tecnológica relacionada con este Programa.

Ahora bien, se considera necesario realizar un esfuerzo mutuo de conocimiento de las necesidades del sector por parte de los organismos de investigación y de las capacidades de éstos últimos por parte de las empresas, con el fin de que exista un adecuado aprovechamiento de las capacidades científico-tecnológicas existentes.

3 Estructura y objetivos del programa

El Programa Nacional de Construcción se ha concebido con el fin de incrementar los niveles de investigación y desarrollo tecnológico e innovación de los diferentes actores del sector de la construc-

ción, desde los centros de investigación y centros tecnológicos tanto públicos como privados, las grandes empresas constructoras, hasta las PYMES del sector de construcción en su más amplio espectro, empresas fabricantes de materiales de construcción, equipos, instrumentación, etc., y que manifiesten una voluntad de participar en proyectos de I+D+I individuales o en cooperación con las entidades de mayor capacidad y excelencia tecnológica.

Si bien el marco de actuación del Programa Nacional de Construcción se ha definido inicialmente para dar cobertura a las diferentes acciones de I+D+I a través de líneas prioritarias de actuación en los cinco ámbitos enunciados inicialmente en este documento, se ha considerado que las líneas prioritarias adscritas al ámbito de construcción sostenible, por su carácter horizontal, sean el soporte o base de partida de gran parte del resto de las líneas prioritarias de actuación enmarcadas para el resto de los ámbitos definidos.

El Programa Nacional de Construcción persigue los siguientes objetivos generales:

- Alcanzar un desarrollo sostenible de las actividades de construcción, en especial en relación con aspectos medioambientales, de durabilidad, de seguridad y salud laboral, y grado de satisfacción del usuario final, contemplando las diversas etapas que definen el ciclo de vida del objeto constructivo en sus diferentes fases: concepción (planificación), materialización (proyecto, materiales, ejecución de sistemas y procesos) utilización (gestión y mantenimiento) y reintegración (demolición, reciclado, reutilización o rehabilitación).
- Disminuir la siniestralidad en las actividades de construcción derivadas, entre otras causas, de la inexistencia de tecnologías apropiadas y de la falta de metodologías adecuadas para la formación e información de los agentes implicados.
- Aprovechar las oportunidades que brindan las nuevas tecnologías de producción y tecnologías de la información y las comunicaciones, en primera instancia, y las sinergias con el resto de tecnologías, como herramientas tecnológicas fundamentales para el desarrollo de las prioridades temáticas de los diferentes ámbitos de actuación previstos en el programa.
- Incrementar el grado de conocimiento y difusión de los avances tecnológicos existentes y futuros en el sector de la construcción, entre todos los agentes intervinientes en el hecho constructivo en general y entre los propios usuarios finales.

Las prioridades temáticas de desarrollo para los diferentes ámbitos de actuación que se contemplan en el Programa Nacional de Construcción presente son las siguientes:

- Materiales y productos para la construcción
- Tecnologías, sistemas y procesos constructivos
- Sistemas de evaluación y gestión en la construcción
- Mantenimiento, evaluación y rehabilitación de infraestructuras y edificaciones

3.1 Materiales y productos para la construcción

La permanente y necesaria actualización de la reglamentación nacional y europea, las demandas sociales de sostenibilidad y seguridad, así como las oportunidades abiertas por la aparición de nuevos materiales y tecnologías de producción, obligan a redefinir el diseño y composición de los materiales y productos utilizados en la construcción, y a investigar en otros nuevos.

La prioridad temática estará dirigida a los siguientes objetivos específicos:

- Reducir el impacto ambiental de los materiales y productos utilizados en la construcción, promoviendo el uso eficiente de la energía y de los recursos naturales, tanto en su proceso de producción (consumo energético, producción de residuos, etc.), su propio diseño (consumo y peli-

grosidad de materias primas, utilización de residuos y subproductos, etc.), manipulación (transporte, etc.), uso y mantenimiento, como en su proceso de deconstrucción y reciclado.

- Facilitar el cumplimiento de los requisitos de las obras que afectan a los materiales y productos de construcción: seguridad estructural, durabilidad, reacción al fuego, seguridad de manipulación, etc.
- Impulsar el desarrollo de materiales y productos para la construcción que incorporen un mayor nivel tecnológico y puedan suponer una reducción de la dependencia tecnológica del exterior en este ámbito: aplicación de nanotecnologías, multifuncionalidad, materiales inteligentes o con características avanzadas.
- Incrementar la productividad y competitividad general del sector mediante una modernización y tecnificación general del mismo, y la industrialización de los procesos de fabricación de los materiales y productos.

Las líneas de actuación prioritarias son las siguientes:

1. Diseño de materiales y productos, incluidos los procesos de fabricación, de modo que reduzcan su impacto ambiental respecto de los existentes, bien en su proceso de producción (optimización del uso de materias primas, incorporación de subproductos industriales, reducción del consumo energético, eliminación de contaminantes, reducción de residuos, etc.), o bien durante su vida útil (aislamiento, habitabilidad, facilidad de deconstrucción y reciclado, etc.).
2. Tecnologías de minimización y reutilización de los residuos generados por las actividades de producción, construcción, mantenimiento y deconstrucción.
3. Desarrollo de materiales y productos de altas prestaciones para la construcción, y mejora de las características y usos de los existentes, sobre la base de la relación entre sus propiedades intrínsecas con las condiciones de uso (resistencia al fuego, alta resistencia, durabilidad, estanquidad, impermeabilidad, aislamiento térmico, acústico y electromagnético, resistencia a la intemperie, características estéticas y de acabado, etc.), incluyendo el desarrollo de los sistemas de producción necesarios para su fabricación.
4. Nuevos materiales y productos para la construcción que ofrezcan funcionalidades avanzadas o multifuncionalidad: aplicación de nanotecnología a los productos de construcción y diseño de materiales inteligentes con funciones de auto reparación y autodiagnóstico (de la microestructura, fatiga, etc.) o sensibles al entorno (capacidades de acumulación o generación energética).
5. Desarrollo y validación de ensayos de caracterización y tipificación de materiales o productos frente a requisitos normativos o prenormativos, incluyendo el desarrollo de sistemas de control de su fabricación. Desarrollo de equipos de ensayo e instrumentación.
7. Evaluación del comportamiento de los materiales y productos para la construcción frente a sollicitaciones complejas. Experimentación a escala real o simulada tanto para comprobación de las respuestas de los materiales y productos, como para validar sistemas de cálculo.
7. Integración de sistemas de monitorización sensoriales en materiales y productos para la construcción para captación de datos de estado de comportamiento o vida de los mismos.

3.2 Tecnologías, sistemas y procesos constructivos

El elevado impacto ambiental de la actividad de construcción (producción de residuos y ruidos, emisión de partículas a la atmósfera, etc.), la elevada siniestralidad laboral producida en las obras, la baja productividad de sus procesos y elevado coste de la no calidad, etc., constituyen problemas estructurales de dicha actividad, derivados en muchas ocasiones de la baja tecnificación del mismo, y que requie-

ren un esfuerzo colectivo de investigación, desarrollo e innovación para reducir su impacto negativo en lo social y en lo económico.

Incrementar el grado de industrialización y tecnificación de los sistemas y procesos de construcción, redundará en una mejora de la calidad de los edificios e infraestructuras, incremento de la competitividad y en la sostenibilidad general del sector.

Los objetivos específicos de esta prioridad temática se dirigen a:

- Fomentar la sostenibilidad en el sector de la construcción mediante la reducción del impacto ambiental de los sistemas y procesos de construcción de edificios e infraestructuras (producción de residuos, afección de terrenos, ruidos y vibraciones, consumo energético, etc.), y promover el concepto de eco-construcción.
- Reducir la siniestralidad en las actividades de construcción, mejorar la cualificación laboral y las condiciones de trabajo en las obras.
- Incrementar la productividad y competitividad general del sector mediante una modernización y tecnificación general del mismo, y la industrialización de sus sistemas y procesos.
- Mejorar las prestaciones de los sistemas constructivos, en especial en relación con los requisitos básicos de funcionalidad, seguridad y habitabilidad, de modo que se traduzca en una mejora de la calidad y economía de los edificios e infraestructuras y una mayor satisfacción de sus usuarios.

Las líneas de actuación prioritarias son las siguientes:

1. Diseño de procesos, sistemas constructivos y alternativas tipológicas encaminadas a conseguir una reducción del impacto ambiental y los riesgos laborales de las actividades de construcción, mantenimiento y deconstrucción, y una mejora de la accesibilidad, economía, calidad de vida y seguridad en su uso durante la vida útil de las edificaciones e infraestructuras.
2. Tecnologías de diseño y construcción de eco-edificios: utilización de energías renovables, materiales sostenibles y biocompatibles, arquitectura bioclimática y bioecológica.
3. Desarrollo de maquinaria, utillaje, medios auxiliares y procedimientos que mejoren la productividad, calidad, economía, seguridad y salud en la construcción.
4. Desarrollo de sistemas constructivos que mejoren la accesibilidad, durabilidad, requisitos básicos de seguridad (estructural, en caso de incendio, de utilización, etc.) y de habitabilidad (salubridad, calidad del ambiente interior, protección contra el ruido, ahorro de energía, etc.) de los edificios e infraestructuras.
5. Diseño y desarrollo de sub-sistemas constructivos industrializados basados en componentes prefabricados para edificación y obra civil, integrables en los diversos sistemas constructivos, incluidos sus procedimientos de unión, fijación y montaje. Creación de estándares dimensionales y normalización de los productos y unidades de obra.
6. Desarrollo de tecnologías avanzadas de producción aplicables en procesos constructivos para la realización de operaciones penosas, repetitivas o peligrosas.
7. Desarrollo de modelos analíticos y técnicas experimentales para simular el comportamiento realista de estructuras y del terreno en el que se sustentan, aplicables a cualquiera de las fases de diseño, construcción utilización, reparación, refuerzo y demolición.

3.3 Sistemas de evaluación y gestión en la construcción

La mejora de los métodos e instrumentos de evaluación, planificación y gestión del sector de construcción, en cada una de sus fases y del hecho constructivo en su conjunto, supone una oportunidad de inducir un incremento significativo de la competitividad, así como de garantizar la sostenibilidad del sec-

tor de la construcción y la satisfacción social. El desarrollo de las tecnologías de la información y de las comunicaciones abre un abanico creciente de posibilidades para hacer realidad estas oportunidades.

Los objetivos específicos de esta prioridad temática son:

- Propiciar la sostenibilidad de la construcción generando el conocimiento necesario y la creación de modelos complejos del hecho constructivo en su ciclo completo, desde su concepción hasta su deconstrucción (impacto ambiental global, consumo energético, vida útil, coste global, impacto socioeconómico, etc.)
- Avanzar hacia la concepción integrada de todo el proceso de construcción (desde el diseño de los edificios e infraestructuras hasta su deconstrucción, pasando por su construcción, uso y explotación), haciendo hincapié en las interfaces y relaciones entre los distintos agentes que intervienen en cada fase y favoreciendo la interoperatividad entre ellos, en aras a conseguir construcciones respetuosas con el entorno y que satisfagan las necesidades y requerimientos de los usuarios.
- Incrementar la competitividad del sector de la construcción a través del uso e implantación de las tecnologías de la información y de las comunicaciones, favoreciendo el desarrollo de herramientas específicas de gestión y análisis adecuadas a cada una de las fases del hecho constructivo (integración de procesos, proceso de construcción, uso y explotación de las construcciones, deconstrucción) y la incorporación del sector a la sociedad del conocimiento.

Las líneas de actuación prioritarias son las siguientes:

1. Modelos homogéneos de análisis del ciclo de vida de materiales, productos, sistemas y construcciones, integrando su impacto ambiental y su balance energético.
2. Definición de estructuras de clasificación y modelado de datos, de acuerdo a estándares internacionales, de materiales, productos, sistemas y procesos de construcción, así como desarrollo de recursos que faciliten su implementación, encaminadas a facilitar el intercambio de datos, la integración y la interoperatividad en el sector de la construcción.
3. Desarrollo de modelos de predicción de costos aplicables a las fases de utilización (mantenimiento, uso y explotación); y a la finalización de la vida útil (deconstrucción, demolición y gestión de residuos), de infraestructuras y edificaciones.
4. Definición de metodologías, modelos y herramientas orientadas a evaluar, simular y monitorizar las características e impacto global de los proyectos y construcciones: cumplimiento de normativa, eficiencia energética, accesibilidad, impacto medioambiental global (sobre la salud humana y los ecosistemas), vida útil, seguridad residual, impacto económico y social, comportamiento de las personas frente a problemas surgidos durante su uso (accidentes, fuego, etc.), considerando todo el ciclo de vida de los mismos, orientados a la toma de decisiones.
5. Herramientas numéricas o experimentales encaminadas a la mejora de los proyectos de construcción: ingeniería concurrente, evaluación del comportamiento de las construcciones frente a solicitaciones complejas, interacción suelo-estructura resistente, mecánica del suelo, riesgos naturales, accidentes, etc., sistemas de diseño n-dimensionales para un análisis multicriterio de los proyectos, teniendo en cuenta múltiples factores (impacto ambiental, costes de ejecución y mantenimiento, seguridad, adaptabilidad a usuarios actuales y futuros, a discapacitados, etc.) y validación automática del proyecto frente a la legislación vigente, los requisitos básicos u otras condiciones de diseño.
6. Diseño de sistemas, instrumentación y herramientas de gestión global de las construcciones (proveedores, producción, medioambiente, calidad, explotación, mantenimiento...) y dispositivos integrados en ellas (control energético, confort del usuario, accesibilidad, seguridad, comunicaciones, domótica, etc.) durante su construcción, vida útil y deconstrucción.

7. Integración de los sistemas de información hasta pie de obra (comunicaciones inalámbricas, equipos móviles -PDA, Tablet PC -, etc.), tanto para acceder a la información (normativa, documentación, planos, etc.) como para su generación (modificaciones as-built, seguimiento de obra, gestión de materiales, etc.).
8. Diseño de sistemas y herramientas de gestión del conocimiento, formación, y trabajo cooperativo en las fases de proyecto, suministro, ejecución y explotación de la obra (trabajo integrado, reuniones virtuales, gestión de información, etc.), adaptadas a las características sectoriales y basados en criterios de interoperatividad y estándares de intercambio de información.

3.4 Mantenimiento, evaluación y rehabilitación de infraestructuras y edificaciones

La conservación del parque de edificios y de las infraestructuras, además de las que constituyen el patrimonio histórico artístico o tienen una implicación de carácter social, adquiere una creciente relevancia en sociedades avanzadas y maduras. Es necesario el desarrollo de tecnologías y metodologías que permitan un mejor conocimiento de las condiciones reales de estas construcciones, así como la mejora de materiales, productos y técnicas avanzadas de rehabilitación, con énfasis en las construcciones singulares, y en la adaptación del entorno construido a una sociedad cada día mas envejecida y necesitada de la remoción de diversas barreras.

La prioridad temática estará dirigida a los siguientes objetivos específicos principales:

- Favorecer la regeneración sostenible de las zonas degradadas de nuestras ciudades, y en especial de sus cascos históricos.
- Incrementar el desarrollo de tecnología para la evaluación y predicción del estado de nuestras construcciones, así como para la gestión del mantenimiento y la rehabilitación de las mismas.
- Aumentar la accesibilidad total, la seguridad, la durabilidad y la confortabilidad de las edificaciones e infraestructuras.

Las líneas de actuación prioritarias son las siguientes:

1. Regeneración urbana de zonas degradadas y cascos históricos monumentales, considerando aspectos constructivos, urbanísticos y socioeconómicos.
2. Desarrollo de técnicas y métodos avanzadas para la catalogación, auscultación, diagnóstico y gestión de la información del estado de conservación del patrimonio construido y estimación de la vida potencial o residual de materiales o sistemas constructivos, con métodos de campo, de laboratorio y numéricos, incluyendo la evaluación del impacto de la población y actividades socio-económicas en el estado de las edificaciones e infraestructuras.
3. Desarrollo y mejora de materiales, productos y sistemas para conservación y rehabilitación del patrimonio construido (materiales reversibles, bioreparadores, fibras textiles, etc.).
4. Sistemas constructivos y tipologías que faciliten el mantenimiento y la sustitución de elementos.
5. Estudios de evaluación y análisis de los daños, de las tipologías de sistemas y subsistemas constructivos y de las actuaciones realizadas, con vistas a políticas de actuación futuras.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

El Catálogo de grandes instalaciones científicas españolas, del Comité Asesor de Grandes Instalaciones Científicas, cita como instalaciones singulares de ingeniería civil las Grandes Instalaciones Científicas del CEDEX que comprenden las siguientes: Simulador sísmico de seis grados de libertad; Máquina

universal dinámica de 10.000 kN; Tanque de oleaje multidireccional; Simulador de maniobras de buques; Canal de oleaje de gran escala; Pista de ensayo de firmes a escala real.

No obstante, al conjunto de grandes instalaciones citado deben añadirse muchas otras instalaciones de tamaño medio y grande, bien orientadas claramente hacia aspectos específicos del Programa, o bien de utilización genérica para distintas áreas temáticas, localizadas en multitud de instituciones: organismos y centros públicos de investigación, diversos centros del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, laboratorios especializados dependientes de universidades españolas, instituciones de las administraciones autonómicas, centros tecnológicos, empresas, etc.

Todas estas instalaciones grandes o medias ofrecen un equipamiento científico, que en su conjunto se puede valorar en millones de euros, y una dotación humana, en muchos casos calificable de excelente, que aconseja plantear una adecuada estrategia de utilización de dichos recursos, materiales y humanos. La estrategia debe ir orientada a rentabilizar las instalaciones existentes, aumentando la coordinación entre ellas, actualizando su equipamiento, mejorando su sistema de gestión, y potenciando su internacionalización.

Debe tenerse en cuenta que los usuarios de estas instalaciones de investigación en el sector de la construcción, proceden tanto del sector público como del privado, por lo que la estrategia debe orientarse a atender las demandas de ambos sectores, incluyendo en todo caso a las propias administraciones autonómicas y locales.

La estrategia deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

4.1 Aumento de la coordinación

La apertura de las grandes y medias instalaciones de investigación a la comunidad científica en las mejores condiciones de explotación, y en particular aquéllas que están ligadas a redes internacionales, requiere una mayor disponibilidad de uso de la instalación y un mayor apoyo a los investigadores.

Una de las características generales de este tipo de instalaciones se relaciona con el elevado tiempo requerido para la ejecución de las pruebas y ensayos, lo que limita, en muchas ocasiones, el número de experimentaciones y, en consecuencia, el acceso a las mismas de un mayor número de investigadores externos. De hecho, la utilización de este tipo de instalaciones tanto para el desarrollo de proyectos de I+D como para la certificación de productos y sistemas, implica una sobresaturación que imposibilita el atender satisfactoriamente a las necesidades del sector de la construcción. Es más, la utilización masiva de instalaciones para la certificación de productos, a demanda del sector privado, puede disminuir su disponibilidad y condicionar la participación activa en proyectos de I+D+I.

La reducción de las listas de espera para el uso de las instalaciones se logrará incidiendo en una mejor coordinación de los efectivos existentes y, por otra parte, suministrando un adecuado soporte técnico a los usuarios, sea mediante un proceso formativo o mediante una asistencia técnica específica, aspecto éste que, además, proporcionará una mayor rentabilidad científica de la instalación. En particular se considera de gran importancia potenciar aquellas actuaciones que lleven a cabo la catalogación, de ámbito nacional, de las instalaciones existentes y la divulgación de sus características y condiciones de uso.

Potenciar la creación de redes de instalaciones de investigación en áreas específicas del conocimiento favorecerá la puesta en común de las capacidades científico tecnológicas, el intercambio de experiencias y propiciará la consecución de una investigación de mayor calidad.

4.2 Mejora del equipamiento

Las grandes y medias instalaciones de investigación actuales, precisan poner a disposición del sistema español de ciencia-tecnología-empresa un equipamiento auxiliar con características particulares para cada ensayo. Este instrumental, multiplicado para cada una de las experimentaciones que pudieran

realizarse, aumentaría considerablemente los costes de inversión en infraestructuras, ya de por sí costosas, por lo que parece recomendable concentrar los esfuerzos de inversión en aquellos tipos de instalaciones que ofrezcan las mejores condiciones de explotación y de productividad científica.

Es de especial interés potenciar la creación de nuevas instalaciones de investigación en aquellos campos particulares en que se detectan carencias, como es el caso de la investigación del comportamiento de las obras públicas y edificaciones sometidas a condiciones extremas y de excepción como la resistencia y la reacción al fuego de materiales y productos, la investigación ferroviaria de alta velocidad, el estudio de los materiales de construcción de altas prestaciones basado en el conocimiento de su microestructura (nanotecnologías), etc. Por otro lado es necesario apoyar la construcción de instalaciones para experimentación a escala real de infraestructuras y edificaciones (equipos móviles de investigación, monitorización de edificios y estructuras, túneles, terraplenes, etc.), especialmente la de aquellas susceptibles de utilización repetitiva.

Finalmente, hay que apoyar la adecuación o reconversión de instalaciones científicas y laboratorios para la certificación de productos y materiales de acuerdo con los requisitos establecidos para el Mercado CE y que en ocasiones deben ensayarse en laboratorios fuera de España, lo que supone costes adicionales para las empresas, pérdidas de tiempo y agilidad en las gestiones, pero ante todo una considerable pérdida de reconocimiento en el ámbito internacional que puede mermar nuestra incorporación principalmente en redes de excelencia y proyectos integrados.

4.3 Sistema de gestión de las instalaciones

La mayoría de las instalaciones grandes y medias de investigación pertenecientes a centros públicos de investigación, son gestionadas por científicos o tecnólogos que no actúan, en general, como gestores de un centro de servicios. Tampoco los mecanismos de funcionamiento de las instituciones a las que pertenecen facilitan la implantación procedimientos gerenciales de explotación que permitan, por ejemplo, imputar los gastos de explotación de la instalación a financiaciones específicas procedentes de proyectos de investigación.

Adecuar la gestión de las instalaciones con criterios de excelencia, requiere que estén establecidos procedimientos de acceso a la instalación con los que se evalúen las propuestas de investigación en base a sus objetivos, que se cuantifiquen las necesidades de apoyo al investigador, bien sea mediante la aplicación de formación general o particular, o mediante la correspondiente asistencia técnica específica, así como la existencia de procedimientos de medición de la actividad, tanto de los costes como del rendimiento de los resultados de investigación.

4.4 Internacionalización de las instalaciones de investigación

El establecimiento de redes de instalaciones de investigación en áreas específicas, con similares procedimientos de explotación, además de facilitar la incorporación en redes europeas o internacionales de investigación, favorecería la movilidad del personal investigador y enriquecería el conocimiento científico de los grupos nacionales de investigación, redundando todo ello en un aumento la calidad de las propias instalaciones de investigación.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

Se perfilan a continuación las diferentes actuaciones que son de interés destacado para el Programa Nacional de Construcción.

5.1 Recursos humanos

- Se percibe en el sector de la construcción una significativa carencia de doctores y tecnólogos ocupados específicamente en tareas de investigación y desarrollo. Se considera de gran importancia priorizar el área de la construcción en los programas de incorporación de personal investigador en empresas y organizaciones empresariales, centros tecnológicos y centros de investigación.
- Realizar convocatorias que permitan incorporarse al mundo del I+D+I a profesionales jóvenes o recién titulados, con especial atención ingenieros y arquitectos, dada la baja representación actual de estos colectivos, para la realización de tesis doctorales en proyectos de investigación o de desarrollo tecnológico.
- Es patente la necesidad de fomentar la formación especializada en áreas científico-tecnológicas del personal técnico ya existente en el sector, en especial en las empresas. Para ello debieran potenciarse las actividades de reciclaje de dicho personal en áreas relacionadas con las líneas prioritarias de I+D+I recogidas en el Programa Nacional de Construcción, favoreciendo la realización de doctorados, cursos de postgrado o de formación específicos.
- Abrir el cauce a los intercambios en el sistema ciencia-tecnología-empresa, que permitan aprovechar mutuamente los avances en investigación básica y desarrollo aplicado, y favoreciendo de manera especial las estancias de personal propio en centros del extranjero. Se debe profundizar en el conocimiento de las oficinas de transferencia de tecnología.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

- Es necesario potenciar la participación empresarial en los foros de normalización, tanto nacionales como internacionales, que permita defender los criterios específicos del sector de la construcción frente a las peculiaridades o niveles de desarrollo de otros países, especialmente en las áreas más afectadas por la normalización y certificación de producto o de sistema.
- En relación con lo expuesto en el punto anterior, tanto la difusión como la formación en todos los aspectos vinculados a marcado CE de productos o a certificación voluntaria de la calidad, son elementos clave en la penetración de estos conceptos, no sólo en el tejido industrial que los oferta, sino también en los colectivos que constituyen la demanda como usuarios.
- En los sectores de mayor incorporación de productos y sistemas, será imprescindible establecer canales estables que aseguren el nivel suficiente de investigación prenormativa, incluyendo el desarrollo de documentos y guías DITE, que garanticen la adecuación de las legislaciones aplicables, a la ingente cantidad de normas particulares de los citados productos y sistemas y a su frecuente variación.
- Es imprescindible diseñar planes que permitan acercar el sector a la sociedad de la información, aprovechando los recursos que ofrece Internet y, en general, las tecnologías de la información y las comunicaciones, en lo que supone de oportunidad competitiva. Para no caer en errores que alteren equilibrios sectoriales, será básico contar con las principales asociaciones profesionales para tener en cuenta las necesidades y capacidades de cada sector.
- La industria española necesita la creación de planes que le permitan adaptarse a la multiplicidad de normas medioambientales de aplicación en los próximos años, que condicionarán, de forma rotunda, las posibilidades competitivas de nuestras empresas frente a la de otros países de la Unión Europea.

5.3 Cooperación internacional

- En la incorporación de nuestros sectores a los sucesivos Programas Marco de Investigación de la UE y a otros también de carácter internacional, se estima fundamental la aportación que las asociaciones empresariales y, muy especialmente, los centros tecnológicos, pueden realizar como coordinadores en la difusión, explicación, solicitud y desarrollo de proyectos afines a dichos Programas, y en particular como agentes favorecedores de la integración del sector de investigación nacional en el Espacio de Investigación Europeo.
- Parece oportuno aumentar la participación en los programas internacionales con equipos investigadores mixtos entre centros de adscripción pública y privada.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

- Debe potenciarse la difusión de los resultados de investigación dentro y fuera del sector a través de publicaciones, reuniones y otros medios de transferencia del conocimiento, especialmente a través de aquellos que acrediten la calidad de dichos resultados. En este sentido, la realización de foros de intercambio de información y de jornadas técnicas, con la presencia y coordinación tanto de las administraciones afectadas, como de las principales empresas y asociaciones del sector y de los centros tecnológicos afines, constituye un cauce adecuado para que la innovación llegue y se asimile por los principales agentes de cada proceso.
- Con vistas a la instalación y puesta en obra de productos y sistemas, será cada vez más valioso el desarrollo de guías de referencia, recomendaciones de seguridad, manuales de uso y códigos de buenas prácticas, que permitan hacer un uso adecuado de los productos y sistemas.

6 Relación con otros programas nacionales

El Programa Nacional de Construcción, dadas las características del sector y la amplitud de sectores representados, presenta una casuística en I+D+I que podría estar parcialmente contemplada en otros programas nacionales.

Sin que se puedan considerar exhaustivas, se han identificado interrelaciones del Programa Nacional de Construcción con los siguientes programas nacionales:

Tecnologías para la salud y el bienestar

Conceptos como accesibilidad, habitabilidad, seguridad laboral, calidad de vida, etc., son comunes con el Programa Nacional de Construcción, que debe contemplar los diseños, materiales, medios y sistemas constructivos necesarios para ello.

Ciencias y tecnologías medioambientales

La reducción del impacto ambiental de la construcción, la reutilización de subproductos y residuos generados en dicha actividad, el ecodiseño, la eficacia de los procesos constructivos y el cierre del ciclo de vida de los productos, son aspectos que pueden ser concurrentes con el Programa Nacional de Recursos Naturales y Tecnologías medioambientales.

Energía

La optimización energética de los procesos industriales productivos, el diseño y utilización de sistemas constructivos que permitan un uso más eficiente de la energía, la utilización de energías renovables y la arquitectura bioclimática son, entre otras, actuaciones que pueden ser parcialmente contempladas en el Programa Nacional de Energía.

Materiales

El diseño, desarrollo y mejora de materiales y productos de construcción pueden ser coincidentes con el ámbito de actuación del Programa Nacional de Materiales, en especial aquellas actividades relacionadas con la investigación básica de materiales de aplicación multisectorial, mientras que las actividades más próximas al proceso y a la utilización puedan encuadrarse mejor en el Programa Nacional de Construcción.

Ciencia y Tecnologías Químicas

Algunos de los procesos industriales de obtención de materiales y productos de construcción pueden estar íntimamente relacionados con las tecnologías y procesos químicos, por lo que podrían ser considerados en el Programa Nacional de Ciencia y Tecnologías Químicas.

Diseño y Producción Industrial

La multidisciplinariedad del Programa Nacional de Diseño y Producción Industrial hace que gran parte de las actuaciones contempladas en el Programa Nacional de Construcción, y también en otros programas sectoriales, puedan ser concurrentes con aquel programa.

Tecnologías de la Sociedad de la Información

Con este programa se identifican los temas relativos a software de aplicación tanto en procesos y gestión de la producción como en el diseño y desarrollo de diferentes herramientas y sistemas de gestión e instrumentación, entre otras.

Medios de Transporte

La íntima relación existente entre las infraestructuras civiles que dan soporte a los medios de transporte y estos mismos, aconsejan que en determinadas líneas de actuación exista una coordinación entre ambos programas nacionales que permitan la realización de actividades integradas.

Humanidades, Sociología y Economía

La construcción, en su conjunto, presenta connotaciones de tipo cultural, sociológico y económico que deben ser coordinadas con las actuaciones del Área de humanidades, ciencias sociales y económicas. En ese sentido, se señalan las actuaciones relativas a la conservación del patrimonio histórico-artístico, el impacto social de la regeneración de zonas urbanas, la demanda social relacionada con la accesibilidad, el análisis de la reacción de las personas ante situaciones extremas en el uso de edificios e infraestructuras, el análisis socio-económico de la planificación de nuevas construcciones, y los aspectos, trascendentes para el sector, relacionados con la formación de los recursos humanos.

**Área de Humanidades,
ciencias sociales
y económicas**

Programa Nacional de Humanidades

1 Ámbito del programa nacional

El ámbito temático de las ciencias humanas se puede definir fundamentalmente por las disciplinas que se enumeran a continuación:

- Historia
- Arte, Arquitectura y Urbanismo
- Música
- Literatura
- Lenguas
- Lingüística
- Comunicación
- Filosofía y Lógica

Además, es necesario mencionar algunas disciplinas próximas, interdisciplinares por su naturaleza, que pueden contemplarse en otros programas, entre otras: Biblioteconomía, Documentación, Archivística, Geografía y Antropología.

Sobre las disciplinas humanísticas, se identifican prioridades temáticas, que corresponden a grandes objetos de investigación que pueden ser abordados desde múltiples disciplinas humanísticas y sociales.

2 Justificación de la priorización del programa

La estructuración de las Humanidades como un Programa Nacional dentro del Área de Humanidades y Ciencias Sociales del Plan Nacional de I+D+I (2004-2007) supone un reconocimiento de su importancia y debe contribuir a su mayor visibilidad y, en consecuencia, a potenciar dichas especialidades en nuestro país facilitando asimismo su proyección en el contexto internacional, especialmente en el europeo.

En dos de los tres principios generales del Plan Nacional de I+D+I 2004-2007, las Humanidades tienen, sin duda, un papel muy relevante:

- Estar al servicio del ciudadano y mejorar su bienestar social.
- Contribuir a la generación de conocimiento.

Evidentemente, también pueden contribuir a la mejora de la competitividad empresarial, sobre todo entidades públicas o privadas que tienen como finalidad la promoción cultural (museos,

fundaciones, bibliotecas, entre otros), si bien en algunas disciplinas tal contribución es indirecta o menos perceptible.

En el ámbito de las ciencias humanas, la tradición científica española es muy destacada y equiparable en su nivel y en su producción al existente en las ciencias experimentales.

Sin embargo, hasta el momento actual, dicha investigación no aparecía recogida específicamente en los programas nacionales, correspondientes a las áreas científico-tecnológicas y quedaba integrada en el programa de Promoción General del Conocimiento. Ello, aunque no era por sí mismo negativo, dificultaba la percepción de la especificidad y la utilidad de la investigación en Humanidades por parte de la sociedad, e incluso de la propia comunidad científica; complicaba la gestión y selección de proyectos y propiciaba, en consecuencia, la crítica de que las Humanidades no eran objeto de la debida atención por los poderes públicos.

Un adecuado tratamiento de la investigación en el campo de las Humanidades deberá orientarse a los siguientes fines:

- Promover la mejora de la investigación, en términos cualitativos y cuantitativos, a partir de la financiación de iniciativas de grupos y proyectos seleccionados con criterios de calidad
- Integrar a grupos e investigadores valiosos que no han sido incorporados hasta ahora en el Programa Nacional y que buscan su financiación en instituciones privadas e instituciones públicas desvinculadas del Programa.
- Contribuir a la creación y consolidación de grupos de investigación estables con proyección internacional.
- Arbitrar sistemas de evaluación de los proyectos y la actividad investigadora mediante procedimientos objetivos que, dentro de la especificidad de las Humanidades, resulten equiparables a los ya usuales en otros ámbitos de la investigación.
- Establecer canales que hagan llegar sus resultados tanto a las enseñanzas universitarias como a los restantes niveles del sistema educativo español, en especial a las enseñanzas medias.

Las recientes propuestas de la Unión Europea para favorecer la creación de un espacio común europeo de investigación (European Research Area, ERA) deben ser el marco en el que se orienten los futuros planes de investigación de los estados miembros. Pero resulta evidente que cada una de las especialidades debe adoptar criterios propios de organización con arreglo a las condiciones objetivas existentes.

La internacionalización de la ciencia no puede basarse exclusivamente en los parámetros de la ciencia experimental, pues en las Ciencias Humanas y Sociales la dimensión estatal afecta no solamente a los agentes de la investigación, sino también a los objetos de la misma, que son los hechos culturales.

Por ello la internacionalización no es un simple problema de encuadramiento de las investigaciones españolas, sino que debe centrarse fundamentalmente en nuestra capacidad de comparar, comprender e interpretar las aportaciones propias de las diferentes culturas.

Pero junto a la internacionalización, debemos abordar también la interdisciplinariedad, en la que existe todavía un largo camino por recorrer. Esta exigencia tiene una doble vertiente:

- La necesidad de estudiar los fenómenos sociales desde el mayor número posible de perspectivas a fin de comprenderlos en toda su complejidad. Así, por referirnos a la Prioridad 7 del Sexto Programa Marco, no resulta coherente abordar "La ciudadanía y la gobernabilidad en una sociedad basada en el conocimiento" sin tener en cuenta una visión histórica y cultural que es la que puede justificar y explicar las realidades actuales.

- Además, por su propia naturaleza y tradición, la investigación en Humanidades trasciende su campo estricto y se convierte en un elemento imprescindible para la configuración de las otras disciplinas.

En conclusión, la investigación en el campo de las Humanidades en España tiene una consolidación y goza de un prestigio, fuera y dentro del país, en las distintas disciplinas que las integran, que permiten el reconocimiento de su importante contribución a la mejora de la convivencia y gobernabilidad de una sociedad moderna basada en el conocimiento. Dicha contribución afecta no sólo a un incremento del conocimiento, sino a una aplicación directa al desarrollo social y económico de la misma.

El programa posee un carácter horizontal para lo cual se plantea su importancia para acometer diferentes retos:

- Aumentar el conocimiento científico y su transferencia social y empresarial.
- Mejorar el nivel de investigación y su inserción en la comunidad científica internacional, especialmente mediante la creación de redes juntamente con los países europeos e hispanoamericanos, sin abandonar la necesaria colaboración con los hispanistas de todo el mundo.
- Fomentar el enfoque interdisciplinar de las investigaciones.
- Impulsar una investigación de calidad que pueda revertir en la formación de una sociedad más identificada y respetuosa con el patrimonio histórico y cultural.
- Incrementar los recursos humanos cualificados.
- Apoyar la coordinación, movilidad y puesta en común de los recursos existentes en los centros de investigación.
- Fomentar la colaboración de las universidades y centros de investigación con las instituciones y entidades gestoras del patrimonio histórico, arqueológico y cultural y favorecer su potenciación como recurso en el campo emergente de la industria cultural.
- Potenciar la internacionalización de las actividades de I+D+I tanto en la difusión de resultados mediante publicaciones como en el incremento de la participación en proyectos integrados en el marco europeo.
- Apoyar la creación y actualización de bases de datos y útiles de investigación mediante nuevas tecnologías que faciliten el acercamiento a tales informaciones a un número creciente de investigadores.
- Estimular las investigaciones de carácter comparado, preferiblemente en el ámbito europeo, y aquellas destinadas a conocer el papel jugado por nuestra cultura e historia en el contexto internacional.
- Propiciar la difusión de los resultados de la investigación en Ciencias Humanas en el conjunto de la sociedad, así como su transferencia a los medios empresariales.

La importancia social, cultural e intelectual de la investigación en las Humanidades reside en su capacidad para articular la significación de los hechos culturales (artísticos, lingüísticos y literarios) e históricos. La investigación en las Humanidades no suele producir resultados cuantitativos; sin embargo, no debemos olvidar que produce modelos explicativos e interpretaciones ricas y matizadas de cuestiones complejas.

La adopción de temas y objetivos está presidida por el interés de las investigaciones en ciencias humanas basadas en los siguientes criterios:

2.1 Criterios científicos

Resulta necesario reivindicar la presencia de las Humanidades como programa específico en un Plan Nacional y no sólo en un Plan Nacional de Promoción General del Conocimiento, a fin de

lograr una mayor visibilidad y posibilitar un avance notable en la organización de las investigaciones de este sector.

Las Humanidades son un elemento fundamental en la recuperación, conservación y difusión del patrimonio y de la cultura. No cabe duda de que han constituido y constituyen la tradición "científica" y de innovación de los conocimientos más importantes en la historia cultural de España por su enorme diversidad lingüística, histórica y cultural.

La construcción europea debe basarse en el conocimiento de las identidades de cada uno de los estados miembros y de las distintas aportaciones realizadas a la formación de Europa; de hecho, las últimas directivas abundan en la necesidad de ahondar en esta línea. Para ello resulta imprescindible realizar una revisión de conceptos como patrimonio, cultura, memoria, identidad social y lingüística, que repercuta en una mayor conexión de las Humanidades con el entorno social (recuperación de fondos documentales, arqueología y patrimonio industrial, memoria oral, procesos históricos de formación de identidades).

2.2 Criterios tecnológicos y sectoriales

El pensamiento, la capacidad crítica, el conocimiento de nuestros orígenes, nuestra cultura o nuestro entorno son algunos de los elementos claves para una sociedad del conocimiento y del bienestar. Las investigaciones en este campo tienen una proyección relacionada con técnicas y mejora de servicios en ámbitos tan importantes como las industrias del ocio y del diseño, de la cultura y de la lengua, la planificación urbanística, las editoriales o los medios de comunicación social.

Todas ellas pueden verse muy beneficiadas por una investigación de calidad en estas disciplinas.

2.3 Criterios de interés público

En directa relación con los criterios anteriores, la utilidad social de la investigación en Humanidades es evidente, aunque no pueda ser medida siempre según criterios de productividad económica inmediata. La autopercepción de los individuos como personas y como miembros de una comunidad, la concepción de los vínculos que los integran en esa sociedad, la naturaleza de sus relaciones, la profundización de los valores democráticos son todos éstos aspectos íntimamente relacionados con la cultura, las lenguas, las ideas y los valores transmitidos. Y éste es el objeto de estudio de las Humanidades.

Existe, además, una vertiente que incide fundamentalmente en el sentido del bienestar social, con el rango de adquisición de bienes ni tangibles ni crematísticos, pero que facilitan la convivencia y el establecimiento de una perspectiva crítica y tolerante.

3 Estructura y objetivos del programa

La finalidad de las investigaciones del Programa Nacional de Humanidades debe ser generar conocimientos que sean útiles socialmente, y permitan un desarrollo cultural de la sociedad española actual. Pero al mismo tiempo se han de potenciar todas aquellas actuaciones que ayuden a crear una Europa integrada, para lo que resulta necesario redescubrir las realidades sociales, económicas, geográficas y culturales desde dicho punto de vista.

Sobre los objetivos generales identificados se fijan las siguientes prioridades temáticas, en las que se ha tratado de realizar enunciados de líneas de actuación que permitan abordarlas de forma interdisciplinar:

Estudio, recuperación, conservación, restauración y difusión del patrimonio histórico y cultural

Por patrimonio histórico y cultural, que ha de ser objeto de estudio y conservación, se debe entender el constituido tanto por bienes materiales (edificios, arte mueble, yacimientos arqueológicos, entre otros) como aquellos otros que contienen la historia cultural de nuestra sociedad (fondos bibliográficos y documentales de archivos, incluyendo en ellos todo tipo de soportes), incluso si no se hallan materializados en una base puramente física, tal como sucede con la riqueza lingüística, literaria y filosófica.

En su análisis se debe tener en cuenta que se trata de bienes elaborados a lo largo del tiempo y que constituyen formas expresivas de las relaciones sociales en el seno de una sociedad determinada y que han contribuido decisivamente en nuestra concepción de la comprensión del mundo. Por ello, deben ser difundidos tanto en los distintos niveles educativos como en los restantes ámbitos sociales, como elementos que contribuyen al bienestar social.

En consecuencia, el estudio del patrimonio no debe limitarse geográficamente a los territorios españoles, sino que ha de abarcar además su proyección exterior y las influencias recibidas de culturas externas. Asimismo, todo bien cultural, material o inmaterial, es susceptible de ser estudiado también desde el punto de vista de su producción e intercambio, y se traduce en una enorme fuente potencial de riqueza socio-económica.

Identidades culturales, multiculturalismo y efectos de la globalización en la cultura

La construcción de una identidad europea se asienta sobre las aportaciones de un sinnúmero de culturas, que pueden contribuir a un desarrollo adecuado del proceso. Si bien se ha utilizado profusamente el concepto de identidad cultural, se ha reflexionado poco sobre el mismo. Las Ciencias Humanas proporcionan líneas de análisis en este campo, que pueden facilitar la consolidación de la Unión Europea como actor global, aspecto este descuidado en los planteamientos del VI Programa Marco.

La dinámica de la sociedad actual conduce a un intercambio de información a una escala geográfica y temporal hasta hace pocos años inimaginable. Junto a los innegables beneficios que esto conlleva, supone igualmente un riesgo para el mantenimiento de ciertos componentes de la diversidad y riqueza culturales. Tales riesgos exigen actuaciones en aras de la conservación y promoción de tales bienes culturales.

Es importante, por lo tanto, realizar investigaciones que tengan en cuenta contextos multiculturales y plurilingües orientadas a fomentar la convivencia entre culturas y lenguas, así como la reflexión crítica acerca de los valores religiosos, éticos y estéticos que sirven bien de obstáculo bien de puente de esa convivencia.

La dimensión europea e internacional de las culturas y los pueblos de España

El proceso de integración europea exige un conocimiento del papel desempeñado por nuestro país en el contexto internacional a lo largo de los siglos. Cultural y políticamente, España ha participado en Europa, jugando en cada período un papel acorde con su desarrollo económico y político.

La posición geográfica española ha sido determinante en este sentido, lo que en ocasiones y de forma clara hoy en día, ha facilitado su papel como intermediario cultural entre dos mundos: América y Europa e igualmente con África.

Esa actuación debe favorecer también el estudio de las tradiciones y realidades históricas y culturales, no solo en nuestro país, sino también los territorios en los que, como en Iberoamérica y Filipinas, y buena parte del Mediterráneo occidental ha existido una presencia hispánica.

La ética en investigación científica

Los peligros de una ciencia o una tecnología sin conciencia o el hecho de que los descubrimientos científicos han situado a la sociedad en situaciones no previstas por los códigos morales y religiosos de antaño, han sido objeto de reflexión desde los mismos inicios de la ciencia moderna, y han constituido y siguen constituyendo un tema central de análisis para el filósofo y el crítico social. Nadie niega hoy la necesidad de reflexionar sobre dónde residen las fronteras de la ética en muy diversos campos de la investigación científica y el desarrollo de las tecnologías.

Hasta el momento las reflexiones éticas han quedado circunscritas al desarrollo de los estudios de la ciencia de la vida (en terrenos como el estudio del genoma, el de la reproducción, la investigación con animales, etc.) y han tenido una presencia constante en el campo del derecho. En cambio, una de las líneas menos exploradas es la relacionada con las investigaciones en Humanidades y Ciencias Sociales, a pesar de que el desarrollo de la ciencia se mueve con mayor uniformidad, y que desde estos campos han surgido las justificaciones utilizadas en ciencias de la vida.

Es necesario llevar esas reflexiones a las Humanidades y a las ciencias sociales (como la economía, la psicología o las ciencias de la educación). De hecho las Humanidades no son ajenas a esta preocupación, como demuestra el interés por la conservación y recuperación del patrimonio artístico y natural, y la conservación de las denominadas culturas y lenguas minoritarias. En cualquier caso, es preciso que el rico acervo de conceptos y teorías que la ética y la filosofía moral han elaborado en las últimas décadas se aplique decididamente a estos y otros retos del presente y del futuro inmediato.

Lenguaje, pensamiento y sociedad

Esta prioridad da cabida no sólo a las investigaciones de lingüística más clásica (lingüística histórica, sociolingüística, lingüística teórica) y a las de filosofía del lenguaje, sino también a disciplinas mucho más recientes (como la pragmática, el análisis del discurso, determinadas aplicaciones de la lógica formal, el periodismo o la comunicación audiovisual).

El estudio de las relaciones de lenguaje y pensamiento, en su doble vertiente biológica y cultural, ha definido en las últimas décadas un territorio del que han emergido nuevas teorías lingüísticas y lógico-filosóficas que persiguen incorporar e integrar investigaciones que tratan la relación entre las lenguas, el contexto en el que se utilizan y el pensamiento, como conceptualización de la realidad y fijación de valores culturales y normas sociales.

La vinculación con esta prioridad temática de los estudios de ciencia cognitiva, subrayados en el Programa de Ciencias Sociales, supondrá un apoyo recíproco de los objetivos de la Psicología y la Neurociencia con los de la Lingüística, la Lógica y la Filosofía.

Comunicación interpersonal, de masas e institucional

En contacto con lo social, la comunicación representa el vehículo de transmisión del conocimiento y de la relación interpersonal, de masas e institucional, como niveles de especial relevancia en el panorama contemporáneo.

De ahí la importancia del estudio de las técnicas comunicativas encaminadas a establecer relaciones fiables entre los miembros de las corporaciones, entre clientes y empleados y, en general, en el seno de cualquier entidad social.

El examen de la comunicación exige, además, estudiar la funcionalidad del discurso, esto es, los usos que de él se hacen en diferentes entornos, desde el interpersonal al de masas, así como el entramado funcional que lo componen, esto es, los textos y su plural tipología.

En este ámbito desempeñan un papel protagonista no sólo el periodismo y la comunicación audiovisual, sino también la comunicación a través del ordenador como medio que redefine las relaciones entre texto y contexto, entre lo oral y lo escrito, entre lo interpersonal y lo social.

El creciente interés de los investigadores por las comunidades virtuales, que ya recibe apoyo económico de las grandes empresas de telecomunicaciones, merece su inclusión en este Programa, al lado de otros, ya que la temática tiene muchas vertientes, algunas de ellas de índole comercial.

Aplicaciones de la lingüística e industrias de la lengua

En la definición de ámbitos de investigación interdisciplinares es importante reservar un lugar a las aplicaciones de la lingüística a las demandas sociales (lenguajes de especialidad y terminología, planificación lingüística, enseñanza de lenguas, traducción automática y asistida por ordenador, corrección y traducción de textos, edición de textos e incluso técnicas específicas para profesionales como bibliotecarios, profesiones del espectáculo, animadores culturales). En este campo, se habla ya de industrias de la lengua, como transferencia de conocimientos y técnicas al ámbito empresarial y a la sociedad en general.

Esta prioridad temática mantiene una clara y estrecha interrelación con el programa de tecnologías informáticas, que plantea una Acción estratégica sobre ingeniería del lenguaje humano adaptado al castellano y otras lenguas oficiales del Estado español.

El reconocimiento automático del habla y la síntesis de voz, habitual en la actualidad en numeroso medios de telecomunicaciones y en la gestión automática de la información, requieren para su perfeccionamiento estudios previos sobre la variación lingüística que en gran medida están por hacer.

Es prioritaria la mejora de las interfaces hombre-máquina, incrementando el uso del lenguaje natural y reforzando la capacidad del sistema para responder mediante lenguaje natural hablado y escrito. De especial interés es el diseño de técnicas de procesamiento del texto asociado al lenguaje natural para la implementación de motores de búsqueda en sistemas de información avanzados.

Las investigaciones de esta línea interdisciplinar se encuadrarían en un rango que abarca desde la investigación básica en áreas como el aprendizaje automático, la lingüística computacional (análisis sintáctico y expansión semántica, entre otros), o el diseño de motores de búsqueda basados en el procesamiento del lenguaje natural, a temas más aplicados como el trabajo colaborativo y otros cercanos al área de humanidades (comunicación multicultural, etc).

Por otro lado, si la enseñanza de segundas lenguas constituye una actividad de notable rentabilidad económica, no es posible dejar de lado la investigación sobre los distintos componentes del proceso de aprendizaje, sobre la repercusión de la lingüística cognitiva o de la pragmática intercultural en los métodos de enseñanza, así como sobre la aplicación en este campo de las nuevas tecnologías informáticas.

Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías en las Humanidades

El desarrollo y aplicación de las nuevas tecnologías en las Humanidades, tanto con fines proteccionistas (conservación digitalizada de documentos visuales y escritos) como de acceso y difusión requiere un esfuerzo en la creación de instrumentos de trabajo y difusión en las redes informáticas en todos los procedimientos existentes.

La arqueología y la decodificación de lenguas antiguas, por poner dos ejemplos, pueden beneficiarse con el desarrollo y uso adecuado de sistemas avanzados de análisis a través de equipos y útiles informáticos.

La difusión de los resultados de la investigación y la reflexión en el campo de las Ciencias Humanas por vías electrónicas, como por ejemplo apoyando la creación de revistas electrónicas disponibles en Internet, puede contribuir, además, a aumentar la presencia de las diferentes lenguas de España en la Red.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

Es necesario que el Plan Nacional integre a las Humanidades en la política de apoyo a los grandes equipos e instalaciones que estructuran la investigación, entre los cuales, en relación con las Humanidades, las bibliotecas son el elemento más importante. Este Programa Nacional identifica esta acción encaminada a los siguientes objetivos:

- Orientación y apoyo para la estructuración de redes de bibliotecas especializadas que faciliten la investigación.
- Creación de un catálogo unificado, que englobe a las principales bibliotecas españolas.
- Apoyo a la política de adquisiciones, especialmente de las obras de referencias y de las grandes colecciones documentales.
- Actuaciones en favor del uso de las nuevas tecnologías para conservar, reproducir y difundir materiales fundamentales en el campo de las Ciencias Humanas que existen en la actualidad en las bibliotecas tradicionales y en los grandes archivos.

Distintas instancias científicas europeas han señalado la necesidad de crear un programa que favorezca las infraestructuras en el campo de las Humanidades.

La actuación en el área de infraestructuras debería cristalizar, en el diseño, construcción, mantenimiento y desarrollo de entornos amigables de acceso a grandes bases de datos electrónicas, catálogos de colecciones dispersas de objetos culturales (materiales arqueológicos, etnográficos), fotografías (fototecas de arte, de etnografía, arqueología, etc.), archivos de la palabra y textos (librarios, musicales, etc.) a fin de crear archivos, bibliotecas y museos virtuales.

Estos centros deberían estar destinados a convertirse en un futuro próximo en elementos fundamentales de la investigación humanística, al tiempo que pueden ser utilizados por personal docente de los distintos niveles de la enseñanza, estudiantes, o personas ajenas al sistema educativo e investigador.

En este campo, si bien conviene primar de forma clara a las instituciones públicas no podemos olvidar la existencia de numerosas instituciones privadas, a las cuales se podrían fijar claras condiciones de accesibilidad a todos sus fondos, digitalizados o no, a fin de que pudieran beneficiarse de tales ayudas.

La creación de grandes instalaciones debería evitar el aumento de las distancias actualmente existentes entre grandes centros (Universidades, OPIs) y los de reciente creación y de escasos recursos. Para ello sería necesario adoptar políticas que fueran haciendo disminuir tales diferencias, a través de los recursos que nos ofrecen las nuevas tecnologías.

La rentabilización de los fondos invertidos exige racionalizar las actuales iniciativas tanto en la homogeneización de los sistemas empleados como en la selección de los objetivos, evitando la actual dispersión de esfuerzos así como duplicaciones innecesarias.

En lo que atañe específicamente a las investigaciones lingüísticas y textuales, se están creando varios corpora tanto sincrónicos como diacrónicos de las diferentes lenguas españolas que son esenciales para una gran cantidad de estudios teóricos y aplicados. Sin embargo, se hace necesario establecer instrumentos de coordinación de tales corpora de manera que no solamente puedan estar a disposición de toda la comunidad de investigadores, sino que además sea viable su utilización en investigaciones que abarquen más de una lengua. Esta necesidad es ineludible si se quiere realizar investigaciones diacrónicas en relación con las distintas lenguas del Estado.

Otros idiomas, como el inglés, disponen de corpus y herramientas potentes, desarrolladas entre diversos grupos de investigación, que permiten un acceso a diversas características lingüísticas del idioma (por ejemplo, la frecuencia de una determinada palabra, o de una sílaba en particular, o de una determinada estructura sintáctica, o de su campo semántico, entre otras) y que facilitan la realización de

estudios lingüísticos y experimentos en el campo lingüístico, pedagógico y psicológico (por ejemplo, su adquisición como primera o segunda lengua, los procesos involucrados en su comprensión o en su producción hablada o escrita). En este sentido, es urgente una acción encaminada a coordinar los corpora y las herramientas que existen en la actualidad y dedicar los recursos necesarios para dotar a las lenguas de España de dichos instrumentos, que tendrá una gran utilidad de investigación para diversas disciplinas, y estimulará además la investigación sobre dichas lenguas, no sólo por parte de grupos de España, sino del mundo entero.

En consecuencia, se propone inventariar y estudiar los corpora existentes, investigar en las bases metodológicas que permitan la compatibilidad entre ellos así como establecer criterios uniformes de etiquetamiento y configuración de sus contenidos textuales, no solo en lo que atañe a los materiales ya existentes, sino también a los de los nuevos corpora cuya creación se vayan a promover. Finalmente se sugiere también facilitar el acceso general a estas importantes bases documentales, por ejemplo mediante la creación y mantenimiento de una página web desde donde se pueda realizar consultas a todos ellos.

Junto a la política de instalaciones materiales que contienen información (como bibliotecas o bases de datos) se propone avanzar en la creación de centros que faciliten la colaboración de los investigadores, de forma similar a lo hecho en algunos lugares de Europa, entre las que destacarían las *Maisons des sciences de l'homme* francesas. Esto tendría especial importancia en aquellos lugares en que coexisten varias universidades, a fin de facilitar la confluencia de equipos en un espacio común y de facilitar sinergias que redunden en una mejora de las investigaciones.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

5.1 Recursos humanos

En Humanidades los recursos humanos tienen un peso fundamental en el desarrollo de las investigaciones. Por ello se deberían articular medidas que posibiliten los enunciados siguientes:

- Incrementar la financiación y, en consecuencia, la dotación de recursos humanos.
- Facilitar la adscripción de becarios a los proyectos de investigación en Humanidades como elemento formativo y vivero de futuros investigadores.
- Articular, con las autoridades pertinentes de las comunidades autónomas y bajo las condiciones que se juzguen necesarias, una política de ayudas a la movilidad de los profesores universitarios por períodos sabáticos, si una parte sustancial de éstos se invierte en llevar a cabo labores de investigación en centros extranjeros.
- Articular medios para poder incorporar a los profesores de enseñanzas medias y a profesionales de museos y empresas culturales a las tareas de investigación.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

Cada día se revela como más importante la transferencia de resultados de la investigación en Humanidades, por lo que se debe apoyar todas las actuaciones que permitan desarrollos tecnológicos e industriales y asesoramiento profesional, especialmente en los campos relacionados con las industrias culturales, de la lengua, del ocio, el patrimonio o los medios de comunicación social.

5.3 Cooperación internacional

La situación de la investigación española se ha fortalecido notablemente en los últimos años, especialmente por el desarrollo de planes de colaboración entre equipos de distintos países. Sin embargo, estamos asistiendo a un ligero reflujó en esta tendencia, especialmente entre los jóvenes doctores que optan por estancias posdoctorales en España.

Se debe, asimismo, favorecer la conexión con investigadores extranjeros mediante la acogida en nuestros centros y el incremento de la colaboración, evitando por todos los medios un localismo autosatisfecho.

La articulación de una adecuada política de inserción de la investigación española en el contexto internacional, y particularmente en el europeo, debe llevarse a cabo mediante medidas que deben estar inspiradas en los principios siguientes:

- Favorecer el intercambio de investigadores.
- Estimular e incluso exigir estancias en el extranjero para los jóvenes investigadores, especialmente en el período postdoctoral e incrementar la valoración de esta experiencia en los concursos de asignación de plazas, becas, contratos.
- Apoyar la creación de redes internacionales, especialmente de los países de antigua cultura hispana y del Mediterráneo.
- Mejorar el aprovechamiento de los centros de investigación españoles en el extranjero y su coordinación con los equipos existentes en España.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

La simple lectura de la prensa muestra de forma palmaria el abismo existente entre la investigación realizada en nuestro país y la difusión que de la misma se hace. Nuestras investigaciones suelen quedar dentro del estrecho círculo de los especialistas al tiempo que se siguen repitiendo lugares comunes abandonados hace medio siglo.

La configuración cultural se realiza, fundamentalmente (y dejando al lado el papel singular del sistema educativo), a partir de los medios de comunicación, por lo que es necesario incrementar la presencia de las investigaciones de Humanidades en los mismos, y además establecer líneas de comunicación adecuadas, similares a las existentes en otros países de nuestro entorno: colecciones de divulgación, recuperación de fondos bibliográficos clásicos, ciclos de conferencias, exposiciones, planes museísticos, itinerarios culturales, entre otras.

Esta proyección debe articularse tanto a nivel nacional como internacional, aspecto éste en el que es deseable contar con la red de centros españoles en el extranjero, especialmente los acogidos al Instituto Cervantes, al Institut Ramon Llull y a otras instituciones con fines iguales o similares.

Una de las actuaciones fundamentales de apoyo a la investigación en Humanidades se debe centrar en la potenciación y mejora de las publicaciones científicas, tema que está siendo objeto de un profundo y amplio debate en las organizaciones científicas europeas, coordinado por la European Science Foundation (ESF). En estas disciplinas la fragmentación es muy superior a la existente en las ciencias puras, situación que puede desembocar en dos tendencias igualmente peligrosas: un imperialismo disciplinar o un autismo disciplinar.

Mientras que en determinadas disciplinas existe un consenso sobre la utilización de las bases de datos generadas por el ISI (Institute of Scientific Information) como punto de referencia para la calificación de las publicaciones, en este campo se han señalado las deficiencias del producto, Arts and Huma-

nities Citation Index (AHCI). La crítica más generalizada, que supone una descalificación general de dicho sistema, es que mientras que están recogidas las principales publicaciones editadas en Estados Unidos, rara vez se incluyen las mejores publicaciones editadas fuera del territorio americano, y menos aun cuando no están publicadas en inglés.

Para dar una solución adecuada a esta situación se debe considerar el apoyo a las dos iniciativas más adecuadas en este campo:

- LATINDEX, índice de revistas promovido por los organismos de investigación de países iberoamericanos.
- European Citation Index for the Humanities, auspiciado por la ESF

Diferentes análisis realizados ponen de manifiesto la necesidad de arbitrar medidas que ayuden a solucionar las deficiencias y debilidades de las revistas científicas españolas, a fin de incrementar la presencia de nuestra ciencia en los principales foros internacionales y especialmente los europeos.

Las acciones en este campo deben dirigirse a dos puntos básicos:

- Asesorar para la mejora y el cumplimiento de las normas consensuadas a nivel internacional que definen y permiten la presencia en bases de datos internacionales, tanto las multidisciplinares como las especializadas
- Actuaciones para incrementar la presencia española en tales bases de datos.

Una segunda actuación, que coincide con los objetivos estratégicos planteado por la ESF, es el apoyo a la creación de portales WEB especializados en Ciencias Humanas. La cantidad de información existente en la red es muy elevada, por lo que la principal dificultad reside en encontrar respuestas adecuadas y rápidas a las necesidades de la investigación. Tales portales deben caracterizarse por ofrecer acceso a un gran número de recursos de calidad y que resulten de interés para el mundo académico y el público no especializado.

Con esta política, además, se lograría incrementar la visibilidad de las Humanidades.

6 Relación con otros programas nacionales

Las líneas de actuación descritas para el programa nacional de Humanidades tienen relación con las propuestas existentes en algunas de las áreas que conforman el Plan Nacional:

Programa de Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas

La proximidad de los dos Programas Nacionales es estrecha y variada, sobre todo en el campo de las Ciencias Sociales. Podemos decir que todas nuestras prioridades temáticas tienen puntos de contacto con las Ciencias Sociales, y muy especialmente las relacionadas con Identidades culturales, multiculturalismo, y efectos de la globalización en la cultura (prioridad b), La dimensión europea internacional de las culturas y los pueblos de España (prioridad c) y Lenguaje, pensamiento y sociedad (prioridad d).

Paralelamente, otras dos prioridades temáticas de Ciencias Sociales (Cohesión social, económica y territorial; identidad personal y colectiva, Cognición, cerebro, conducta y educación) tienen una dimensión humanística indudable.

Programa nacional de tecnologías informáticas

Como hemos dicho, las prioridades "Desarrollo y aplicación de nuevas tecnologías en las Humanidades" y sobretodo "Aplicaciones de la lingüística e industrias de la lengua" mantienen una clara y estre-

cha interrelación con el programa de tecnologías informáticas. En el segundo caso, la implicación en la Acción estratégica sobre ingeniería del lenguaje humano adaptado al castellano y otras lenguas oficiales del Estado español es directa.

El desarrollo de útiles para la comunicación entre personas de lenguas distintas, que depende de la conjunción de lingüistas e informáticos, es un campo de enormes perspectivas, que depende, sin embargo, de la existencia de trabajos sistemáticos en los diferentes niveles de análisis gramatical (fonética, morfología, sintaxis, léxico y semántica). A través de este Programa, y el de Tecnologías Informáticas, hay que apoyar dichos trabajos en las diversas lenguas españolas para que no se queden apartadas de las enormes ventajas que supone la sociedad del conocimiento y la comunicación mundial.

Programa nacional de construcción

La prioridad temática "Estudio, recuperación, conservación, restauración y difusión del patrimonio histórico y cultural" debe mantener una estrecha colaboración con la de "Mantenimiento, evaluación y rehabilitación de infraestructuras y edificación", cuyos objetivos 1 y 3 mencionan expresamente la vertiente de rehabilitación vinculada al patrimonio histórico.

Además, la prioridad temática de "Ética en la investigación científica", afecta a todas las áreas temáticas que conforman el Plan Nacional, superando la concepción que limitaba estas actuaciones exclusivamente a lo relacionado con las investigaciones de ciencias de la vida.

Programa Nacional de Ciencias sociales, económicas y jurídicas

1 Ámbito del programa nacional

El ámbito temático de las Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas es amplio, heterogéneo y, en ocasiones, difícil de delimitar. Como área de origen no orientada, el Programa Nacional debe dar cabida a todas las disciplinas:

- Ciencias Económicas
- Ciencias Jurídicas
- Ciencia Política
- Sociología
- Geografía
- Antropología Social
- Ciencias de la Educación
- Psicología
- Biblioteconomía
- Ciencias de la Comunicación

La actuación de fomento de la investigación del Programa Nacional se centrará en la financiación de la investigación fundamental no orientada. Sin embargo, se identifican también, dentro del programa, un conjunto de prioridades temáticas con carácter interdisciplinario a las Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas y que abordan problemas de gran relevancia científica y social.

2 Justificación de la priorización del programa

La ciencia como sistema obliga tomar en consideración tanto el trabajo científico –el proceso de investigación– como sus resultados. El incremento del conocimiento científico tiene sentido per se, dado que permite al ser humano situarse ante sí mismo, la sociedad y el mundo que le rodea y tomar posiciones, realizar planteamientos y proponerse metas con el debido respaldo de un saber sólido. Ese conocimiento científico permite a la humanidad aumentar su bienestar y su dominio sobre la realidad.

De este modo, dos de los tres grandes principios generales del Plan Nacional inciden en este punto: contribuir a la generación de conocimiento y mejorar el bienestar personal y social mediante la transfe-

rencia de conocimiento. Las Ciencias Sociales juegan un importante papel en ambos objetivos. Por una parte, ofrecen conocimiento riguroso sobre las grandes cuestiones que afectan a la Humanidad y aportan análisis y herramientas que ayudan a mejorar la toma de decisiones. Por otra, contribuyen decididamente a la mejora del bienestar de los ciudadanos mediante las aplicaciones derivadas del conocimiento que son capaces de generar.

Las Ciencias Experimentales y las Tecnologías pueden encontrar respaldo, apoyo teórico y sentido social y ético a muchos de sus planteamientos, proyectos y resultados. Las consecuencias sociales, ambientales, jurídicas, económicas y éticas de la investigación son en algunos casos tan profundas que exigen una atención creciente. Por otra parte, la actual revolución tecnológica, la globalización, la integración europea derivada de la creación y ampliación de la Unión Europea, la irrupción del euro como moneda de reserva, la emergencia de nuevos factores de riesgo derivados del desarrollo tecnológico, la longevidad y el envejecimiento de la población, la inmigración, el incremento de las desigualdades, la aparición de nuevas formas de exclusión social, están provocando profundas transformaciones en nuestra sociedad que apenas comprendemos en sus aspectos más superficiales. La necesidad de comprender mejor la naturaleza de múltiples fenómenos que afectan con nuevo carácter a nuestras sociedades es evidente.

A través del programa se pretende, por tanto, apoyar la generación de conocimiento en un ámbito del saber humano del que se derivan consecuencias positivas y prácticas para los ciudadanos.

La complejidad de los problemas que abordan las Ciencias Sociales exige la constitución de equipos investigadores con visión amplia y a medio y largo plazo, dedicados al estudio riguroso y profundo de los problemas, de sus causas, de su naturaleza e implicaciones, capaces de llevar a cabo aportaciones sustanciales tanto a la generación de conocimiento como a su aplicación, en especial en lo que concierne al bienestar de los ciudadanos. La situación de la investigación en Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas es heterogénea, por lo que junto a grupos estables, con proyectos de largo alcance, es preciso estimular y potenciar grupos de investigación emergentes que puedan llegar a consolidarse con el tiempo, siempre que sus propuestas sean novedosas y de calidad.

El Programa Nacional de Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas, pretende estimular el trabajo de la comunidad científica para alcanzar un conocimiento riguroso que, bien por sí mismo, bien como fruto de desarrollos posteriores, pueda representar mejoras para el bienestar personal y social de los ciudadanos en los diversos ámbitos de su vida: personal, familiar, profesional y ciudadana.

Las prioridades temáticas del programa se articulan en función de los objetivos enunciados:

Instituciones, desarrollo y sostenibilidad

- a) Criterios científicos. El estudio de las causas del desarrollo y de su sostenibilidad, así como de la contribución de distintas estructuras institucionales al mismo, son alguno de los principales campos de interés en el conjunto de las ciencias sociales. Asimismo, el desarrollo de conocimiento de todos aquellos mecanismos y relaciones sociales e institucionales que favorezcan la compatibilidad entre objetivos de desarrollo económico y de conservación de los recursos naturales constituyen campos de investigación susceptibles de importantes aportaciones. La comparación internacional de experiencias, basada en el análisis riguroso de las mismas, permitirá reforzar la conexión internacional de la investigación española. El diseño de políticas e instituciones económicas para la Unión Europea en el contexto del proceso de integración constituyen líneas de investigación con potenciales aportaciones.

Por otra parte, el uso colectivo e individual del tiempo y del espacio constituye un factor social imprescindible para comprender y posibilitar el desarrollo sostenible de nuestras sociedades y mantener o mejorar la calidad de vida de las personas que la integran.

La posición de los grupos de investigación españoles es relevante a escala europea y, adicionalmente, la línea de investigación ha quedado incluida dentro de los campos de prioridad 7 del VI Programa Marco I+D.

- b) Criterios tecnológicos. Los estudios comparativos internacionales permitirán el desarrollo de nuevas herramientas para el análisis empírico que podrán contribuir a reforzar el impacto internacional de la investigación española, así como la transferencia de conocimiento y herramientas de mejora de la competitividad. Por otro lado, el conocimiento generado puede contribuir a dar a las tecnologías que se creen un uso adecuado a los principios de sostenibilidad, respeto y servicio a los ciudadanos.
- c) Criterios sectoriales y de interés público. Tiene interés la identificación de sectores económicos o formas organizativas -públicas y privadas- y reglas susceptibles de generar una mayor rentabilidad social, así como la regulación adecuada de sectores económicos de gran importancia estratégica: energías, telecomunicaciones, etc., de mercados de especial relevancia y de comportamientos sociales.

Son también destacables aspectos como los siguientes: el fomento de las actitudes y valores de respeto a la Naturaleza y al medio y del uso racional y prudente de los recursos; los usos del tiempo y el espacio, como elemento básico en los proyectos de desarrollo sostenible, o los usos temporales del territorio, como factores determinantes del desarrollo sostenible.

Los conocimientos adquiridos en estos campos son la base de una buena parte de las políticas públicas de carácter social y económico.

Cohesión social, económica y territorial; identidad personal y colectiva

- a) Criterios científicos. La cohesión social, económica y territorial se apunta como uno de los principales retos ante la creciente complejidad de nuestras sociedades. Corresponde a las ciencias sociales describir, analizar y prever el nexo entre lo social, lo económico y lo territorial, así como su evolución. El desarrollo de teorías de capital social, el estudio de la distribución de los beneficios del desarrollo y de la evolución de los estados del bienestar son campos particularmente adecuados para la aplicación de estos enfoques. Asimismo, la investigación debe ofrecer modelos y pautas para la construcción de la ciudadanía, las identidades múltiples y los sentimientos de pertenencia. En este punto, la comunicación, a través de las lenguas y entre culturas, tiene una relevancia indudable en la vida social y política de nuestro país y aún más allá, con ramificaciones evidentes para la construcción europea, la movilidad de los ciudadanos y la convivencia entre todos cuantos viven en su territorio.

Dentro de este campo, cabe destacar las contribuciones de la investigación sobre mecanismos y actitudes que favorecen la convivencia y el respeto a las diversas identidades y la resolución de conflictos, contribuciones que se han incorporado a la agenda de investigación internacional al igual que a las prioridades del Programa Marco de I+D.

- b) Criterios sectoriales y de interés público. Los conocimientos adquiridos en este campo son fundamentales por cuanto las políticas sociales y de cohesión territorial adolecen con frecuencia de la falta de una adecuada base científica. El desarrollo de esta prioridad temática puede contribuir a paliar esta limitación mediante una transferencia adecuada de los resultados a las instituciones encargadas de fomentar la cohesión y la integración social.

Además, la cohesión social y económica como objetivo y, por lo tanto, las políticas dirigidas a la integración y a la lucha contra la exclusión, interesan de forma particular a las administraciones públicas en los más diversos ámbitos aplicados, desde el empleo y la vivienda a la educación.

Esta línea de investigación puede realizar importantes contribuciones tanto en el marco de la organización política, social y jurídica, de los múltiples ámbitos de pertenencia y de la innovación institucional, así como en el de los servicios y en el de las políticas sociales y educativas. En el ámbito educativo, el reconocimiento profundo de la dignidad de la persona debe traducirse en proyectos de calidad, orientados a la configuración de una cultura de paz mediante la vivencia de los valores sociales y morales recogidos en las declaraciones universales.

Decisiones públicas y privadas, contratos y organizaciones y gobernanza

- a) Criterios científicos. El examen de las condiciones que legitiman la toma de decisiones públicas y privadas constituyen un campo de investigación presente en distintas disciplinas. El análisis de contratos y de la diversidad de formas organizativas, el diseño de políticas óptimas y la toma de decisiones colectivas (públicas, corporativas, etc.) es una de las principales líneas de investigación internacional en Ciencias Sociales. Por otro lado, resulta perentorio aportar análisis teóricos y empíricos de las nuevas estructuras de gobierno horizontales y multinivel: local, autonómico, estatal y europeo.

En el Programa Marco de I+D se han incluido líneas de investigación que se beneficiarán del desarrollo sustancial de la teoría y los análisis empíricos.

- b) Criterios tecnológicos, sectoriales y de interés público. Las investigaciones en esta línea pueden contribuir al análisis y a la optimización de los procesos de toma de decisiones colectivas y tienen una aplicación natural en otros campos: organizaciones políticas y económicas supranacionales, organizaciones no gubernamentales de distintos tipos, grandes corporaciones, etc. Sus resultados teóricos se pueden traducir en el diseño, en un terreno aplicado, contractual, institucional y normativo, en muchos casos, de manera inmediata y con una enorme relevancia para la sociedad. Los estudios sobre gobernanza, por otro lado, pueden aportar teoría, diseños institucionales y orientaciones de políticas públicas en lo relativo a la organización política y social en los diferentes niveles, desde el supraestatal al local.

Internacionalización de las sociedades, las economías y los sistemas políticos y jurídicos

- a) Criterios científicos. El desafío que los procesos de internacionalización ha planteado a las Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas ha servido para redefinir este campo como una prioridad en la agenda de investigación. El carácter esencialmente comparado de este tipo de estudios favorece el acceso de grupos de investigadores españoles a la colaboración con grupos de otros países.
- b) Criterios sectoriales. Es importante identificar aquellos sectores económicos y aquellos territorios susceptibles de disfrutar de una mayor ventaja comparativa para la especialización, así como de los factores y condiciones que otorgan o bloquean la capacidad competitiva para la innovación y la especialización. Hay que definir las pautas para la internacionalización de la empresa, identificar necesidades de regulación supranacional o de intervención coordinada internacional, así como factores de ventajas competitivas.
- c) Criterios tecnológicos y de interés público. Desde esta línea de investigación se pueden diagnosticar los retos globales e internacionales a los que se enfrentan crecientemente empresas, instituciones y agentes sociales y políticos; fomentar el interés y capacitación de nuestras empresas e instituciones políticas de diverso ámbito para actuar en un contexto globalizado; trasladar a políticas jurídicas los hallazgos anteriores; y, en fin, lograr un mejor equilibrio entre la generación y la adquisición de ideas como base del desarrollo económico y social.

Cognición, cerebro, conducta y educación

- a) Criterios científicos. La relación entre cognición, cerebro, conducta y educación implica conocimientos interdisciplinares que integran la psicología, la lingüística, la filosofía, la pedagogía, la neurociencia y la informática entre otras áreas. La investigación sobre procesos cognitivos complejos y su relación con el cerebro constituye un campo avanzado de potenciales aportaciones de extraordinaria relevancia. La investigación con técnicas avanzadas de neuroimagen, así como sobre daños cerebrales, demencias, trastornos mentales, del desarrollo y del aprendizaje, entre otros, está en la agenda internacional.

Junto a ello, la investigación educativa debe abordar con la debida profundidad el estudio, análisis y valoración de la diversidad en sus diversos ámbitos, las respuestas organizativas, funcionales, estructurales, metodológicas y orientadoras que contribuyen a la eficacia de la acción educativa, así como la creación y mantenimiento de actitudes positivas y el cultivo de los correspondientes valores morales.

- b) Criterios tecnológicos. Algunos de los campos objeto de investigación, en particular la Neurociencia cognitiva, pueden aportar conocimiento relevante para el desarrollo de prótesis y de procedimientos rehabilitadores. La línea de investigación puede realizar importantes contribuciones tanto en el marco de creación de nuevos instrumentos de diagnóstico y de tratamiento que pueden ser de interés empresarial, como en la generación de nueva tecnología avanzada necesaria para explorar los procesos cognitivos y las bases biológicas que sustentan dichos procesos en niños, adultos y personas mayores, en personas sanas y en personas con trastornos de diferente índole. Otro campo de especial relieve es el e-learning, que permite una interacción, gracias a los sistemas hipermedia, de altas potencialidades, junto a una comunicación multimodal y multidireccional y de amplia accesibilidad. Una aplicación de gran importancia es la representada por la elaboración de pruebas criterioles, tanto de diagnóstico como de evaluación, destinados a servir de base para el diseño de intervenciones personalizadas (programas) y su correspondiente evaluación.
- c) Criterios sectoriales y de interés público. La calidad de vida de personas con necesidades especiales de todo tipo se puede ver mejorada por esta prioridad, un beneficio que puede experimentarse a lo largo de toda la vida en la medida en que se haga realidad una educación permanente.

Por otra parte, la convivencia y la paz social, fundamentada en el respeto a la dignidad de las personas, encuentran en el acceso efectivo al bien de la educación, en una sólida preparación para el acceso al mundo laboral y en la creación de oportunidades para el reciclaje y la actualización continua, instrumentos efectivos y eficaces para su logro.

Competitividad y sostenibilidad de los sectores empresariales y eficiencia de los servicios de interés público

- a) Criterios tecnológicos.- En lo que respecta a la innovación tecnológica, se produce muy acentuadamente en España la denominada "paradoja Europea" caracterizada por una falta de utilización de los conocimientos desarrollados en el proceso de I+D, que no se aprovechan en los sectores productivos y de suministro de servicios de interés público de esos mismos países. La participación significativa de las ciencias socioeconómicas en su propia innovación se justifica por la necesidad de que los nuevos conocimientos que se generen en estas materias sean aprovechados por el conjunto de la sociedad. El apoyo de la metodología y análisis de las ciencias socioeconómicas es fundamental para profundizar en el conocimiento de este fenómeno, difun-

dirlo entre el tejido empresarial al objeto de incrementar su absorción tecnológica y diseñar y evaluar las políticas públicas que lo aborden.

- b) Criterios sectoriales y de interés público.- Desde este criterio, es evidente que las ciencias socio-económicas pueden y deben contribuir significativamente, tanto a un desarrollo competitivo y sostenible del tejido productivo, fuente fundamental del empleo y del PIB generado en el país, como a la provisión de unos servicios avanzados de interés público de máxima calidad y mínimo coste.

3 Estructura y objetivos del programa nacional

El Programa Nacional de Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas tiene definidos objetivos generales adecuados a su carácter preferentemente asociado a la investigación básica no orientada. Estos objetivos se especifican a continuación:

- a) Mejorar la calidad de la investigación y promover su internacionalización
- Estimular el desarrollo de investigaciones de carácter comparado y de dimensión internacional frente a los estudios de interés meramente local.
 - Elevar el impacto de la investigación en Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas realizada en España.
 - Potenciar los grupos de calidad y de referencia para favorecer la capacidad formadora de jóvenes investigadores
 - Acentuar los criterios de excelencia académica del equipo investigador, medida de acuerdo a los estándares internacionales, en aquellas áreas en las que existan y sean significativos, así como la consideración de la contribución potencial de los resultados del proyecto al avance del conocimiento.
- b) Contribuir a la creación y consolidación de grupos de investigación estables y facilitar la formación de jóvenes investigadores
- Estimular el diseño de proyectos basados en líneas de investigación cuyo desarrollo implique trabajos a medio y largo plazo.
 - Reconocer como mérito relevante la estabilidad de los equipos, su trayectoria y el desarrollo con la mayor profundidad posible de los objetivos de las líneas de investigación.
 - Ofrecer oportunidades para la creación de grupos emergentes que planteen proyectos novedosos y potencialmente útiles.
 - Facilitar la integración de jóvenes investigadores en grupos estables.
 - Promover la movilidad de los investigadores.
- c) Fomentar el enfoque interdisciplinario de la investigación.
- Estimular los proyectos de carácter interdisciplinario y fomentar el enriquecimiento de la teoría y el análisis con las aportaciones de las diversas Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas.
 - Crear centros o grupos de referencia de estructura claramente interdisciplinario para fomentar, inducir y potenciar la colaboración entre investigadores de distintas especialidades.
- d) Primar el uso de metodologías rigurosas, innovadoras y adecuadas a la naturaleza de problemas científicamente relevantes.
- Estimular el desarrollo de metodologías avanzadas en función de los diversos ámbitos disciplinares.

- Estimular el uso sistemático de bases de datos y la contrastación empírica de hipótesis mediante el uso de técnicas rigurosas.
- e) Incentivar el análisis riguroso de problemas relevantes para la sociedad en su conjunto y para los agentes económicos y sociales.
 - Reforzar la investigación de calidad generadora de aportaciones capaces de incrementar el bienestar de los ciudadanos y de la sociedad.
 - Identificar los ámbitos en los que la incidencia del conocimiento científico-social puede ser más eficaz para el logro de las distintas políticas públicas.

En relación con estos objetivos del Programa se identifican las siguientes prioridades temáticas:

- 1) Instituciones, desarrollo y sostenibilidad
- 2) Cohesión social, económica y territorial; identidad personal y colectiva
- 3) Decisiones públicas y privadas, contratos y organizaciones y gobernanza.
- 4) Internacionalización de las sociedades, las economías y los sistemas políticos y jurídicos
- 5) Cognición, cerebro, conducta y educación
- 6) Competitividad y sostenibilidad de los sectores empresariales y eficiencia de los servicios de interés público.

Instituciones, desarrollo y sostenibilidad

El desarrollo económico es uno de los motores principales de las sociedades en todo el mundo. La relación dinámica y recíproca entre las instituciones, entendidas en la forma más amplia (formales, informales, políticas, sociales, económicas, jurídicas, etc) y el desarrollo y su sostenibilidad, constituye uno de los terrenos más fértiles para las aportaciones de las Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas, como muestra el panorama de la investigación puntera en el plano internacional de los últimos años.

Entre los principales aspectos que deben ser objeto de investigación, se pueden señalar los siguientes:

La contribución del desarrollo tecnológico, del capital humano y de su difusión al crecimiento económico. El papel de las políticas macroeconómicas. Crecimiento y empleo. La regulación de los mercados y su impacto en la eficiencia y el crecimiento. Factores territoriales de competitividad, desarrollo endógeno y redes de ciudades. La protección del conocimiento, su difusión y explotación y los recursos intangibles. El papel del Estado y las instituciones públicas y sus distintos instrumentos de actuación en la economía y la sociedad. Instituciones eficientes para el crecimiento. El papel de los derechos y sus mecanismos de protección en el desarrollo económico y de la sociedad. Historia y evolución de las instituciones. Gestión y difusión de la tecnología y del conocimiento. Comportamiento empresarial: cambios organizativos, tecnológicos y competitividad. La naturaleza cambiante del sistema público de investigación y desarrollo (I+D) y la función de las universidades.

Sostenibilidad ambiental y riesgo tecnológico. Necesidades y problemas de los ciudadanos, respecto a la Naturaleza, uso prudente y responsable de los recursos disponibles. Problemas derivados de la movilidad, del uso del espacio y del tiempo, del ocio o de la conciliación de la vida familiar y laboral.

Cohesión social, económica y territorial; identidad personal y colectiva

En sintonía con el reconocimiento de la importancia de los enfoques interdisciplinares, la presente línea recoge temas de muy diversa naturaleza, susceptibles de ser estudiados e investigados desde perspectivas disciplinares pero, sobre todo, desde enfoques interdisciplinares.

Las líneas de actuación priorizadas se traducen en aspectos como los siguientes:

Crecimiento y distribución de la renta. Distribución personal, regional y nacional de la riqueza. Eficacia y garantía de los derechos fundamentales. Comercio y convergencia económica (interregional e internacional). Bienes públicos y servicios públicos. Empleo y desempleo. Migraciones e integración. Pensiones. Empleo y formación. Conflictos sociales y medios de resolución de controversias. Políticas contra la exclusión. Envejecimiento. Fomento de la igualdad entre mujeres y hombres. Políticas en materia de seguridad. Políticas en materia de siniestralidad. Impacto ambiental.

Articulación de lo urbano/rural, de lo residencial o de lo laboral en la ocupación territorial. Procesos de diferenciación y especialización tanto de la población como del territorio inscritos en el marco de la globalización económica. Políticas sanitarias. Nutrición sana, uso y abuso de sustancias tóxicas y peligrosas. Seguridad y salud laboral. Accesibilidad y calidad de vida en el trabajo.

Sistemas educativos. Familia. Género y su redefinición. Edades. Sistemas de servicios sociales. Construcción de la ciudadanía. Identidad, identidades complejas y múltiples, pertenencia, convivencia. Comunicación, diálogo entre culturas. Multiculturalidad, interculturalidad y estereotipos sociales. Resolución de conflictos.

Muchos de estos aspectos tienen que ver con la calidad de vida, concepto complejo y multifacético, que debe ser analizado en sus componentes, fundamentos, estructura y relaciones desde diversas disciplinas del Programa.

Decisiones públicas y privadas, contratos y organizaciones y gobernanza

Las políticas públicas inciden decisivamente en las condiciones de vida de la ciudadanía. Disponer de conocimiento relevante que sirva de referencia para la legitimación de las decisiones es una prioridad de gran alcance y potencial utilidad, alcanzable como fruto de la investigación, entre otros, en las siguientes líneas de actuación:

Mecanismos de decisiones colectivas. Participación ciudadana en los procesos de toma de decisiones. Toma de decisiones en el contexto de un gobierno estructurado a diferentes niveles. Voto y actitudes políticas. Articulación territorial de los poderes y decisiones. Eficiencia de las distintas organizaciones públicas y de la función pública. Eficiencia de la administración de justicia y reforma judicial. Políticas de gasto social y estado del bienestar. Criterios de evaluación de las políticas públicas de ciencia y tecnología. Sistemas fiscales. Diseño de impuestos y de políticas óptimas de estabilidad. Gobernanza. Estado de Derecho y Democracia. Derechos fundamentales. Modelos jurisdiccionales. Responsabilidad.

A ello conviene unir otra serie de ítems relevantes como líneas de actuación que conforman la propia prioridad, en concreto los siguientes:

Incentivos, estructuras y formas de cooperación. Evolución y dinámica de la cooperación económica y social. Regulación informal y formal de la cooperación y los contratos. Información y transparencia en contratos, mercados y organizaciones. El análisis de redes sociales. Problemas de acción colectiva. Problemas de agencia. Gobierno de las organizaciones públicas y privadas. Dinámica de cambio en universidades y organismos de investigación. Problemas de reorganización y terminación de organizaciones. Organizaciones y mercados. La cooperación en la investigación. Pluralismo institucional. Parteneriados y contratación pública.

Internacionalización de las sociedades, las economías y los sistemas políticos y jurídicos

El carácter complejo de los procesos de globalización e internacionalización requiere la atención de la comunidad investigadora en Ciencias Sociales sobre los aspectos, ritmos y problemas específicos

de los mismos en nuestro país y su entorno político y cultural, así como su análisis en perspectiva comparada. Destacaremos los siguientes aspectos:

Procesos de integración que afectan más directamente a Europa. Ampliación de la Unión Europea. Reforma y constitucionalización de la Unión Europea. Europeización de las políticas públicas y las políticas españolas. Modelización de las relaciones económicas y el crecimiento en un entorno de creciente integración. Procesos de integración supranacional, descentralización política y consolidación democrática en América latina. Relaciones entre la Unión Europea y América latina. Comercio internacional y su regulación. Movilidad de factores. Consecuencias de la integración financiera. Coordinación de políticas económicas y sociales. Cooperación y desarrollo. Evolución, competencia y convergencia entre sistemas jurídicos. El nuevo orden económico y político internacional. Tratados de libre comercio y otras formas de cooperación en el plano internacional. Organizaciones internacionales. Derecho Penal Internacional.

Cognición, cerebro, conducta y educación

La prioridad de investigación "Cognición, cerebro, conducta y educación" cubre un amplio espectro, dentro del cual destacaremos los siguientes aspectos como líneas de actuación:

Procesos cognitivos complejos, adquisición y procesamiento del lenguaje, bases biológicas de la cognición, neurodegeneración y déficits cognitivos asociados al envejecimiento, demencias, daños cerebrales, trastornos mentales, del desarrollo, del aprendizaje. Rehabilitación cognitiva y el desarrollo de prótesis.

Derecho a la educación, calidad y equidad. Atención a la diversidad y la respuesta a las necesidades personales y sociales. Educación, orientación, cualificación profesional e inserción laboral. Atención a las necesidades educativas específicas de personas y grupos. Exclusión educativa. Nuevas tecnologías de la información y comunicación y educación a lo largo de la vida. Aprendizaje en contextos virtuales. Enseñanza-aprendizaje abiertos y a distancia.

Dentro de este apartado, cabe destacar, por su carácter interdisciplinar que conecta con las Ciencias Humanas, el estudio de los procesos lingüísticos. Implicaciones neurobiológicas, psicológicas, sociales y educativas del lenguaje. Procesos madurativos que favorecen o dificultan la adquisición de las lenguas. Análisis de los factores políticos y sociales que contribuyen a hacer de la lengua un componente básico de los procesos de identidad. Configuración de actitudes de respeto e interés por su aprendizaje. Componentes didácticos, metodológicos y tecnológicos de los programas de enseñanza / aprendizaje.

Competitividad y sostenibilidad de los sectores empresariales y eficiencia de los servicios de interés público

La prioridad de investigación "Competitividad y sostenibilidad de los sectores empresariales y eficiencia de los servicios de interés público" tiene como objetivo desarrollar investigación aplicada y desarrollos al servicio de las empresas y de los diversos sectores sociales. Las líneas de actuación en investigación que pueden destacarse son:

Prospectiva y análisis de las demandas tecnológicas de sectores, regiones, empresas y suministradores de bienes y servicios de interés público. Capacidad y potencialidad de innovación tecnológica en los sectores y empresas. Déficit tecnológicos. Impacto de la normativa, nacional y europea, sobre la competitividad de las empresas. Posibilidad y eficiencia de las políticas públicas de I+D+I. Mecanismos e instrumentos para la transferencia de tecnología, apoyo a nuevas empresas de base tecnológica y cooperación tecnológica entre PYMEs. Instrumentos de dinamización tecnológica de los sectores tradicionales. Demografía empresarial y métodos para el fomento de la cultura del emprendimiento y riesgo empresarial. Internacionalización de las empresas españolas.

Los objetivos se desarrollarán por medio de estudios comparativos a nivel internacional; análisis de implementación de nuevas estructuras organizativas; estudios de la regulación existente y su incidencia en la competitividad empresarial, transferencia de experiencias de buenas prácticas desde las grandes empresas a las PYMEs o de unos sectores a otros o de otros países; proporcionar la información necesaria sobre los mecanismos existentes en cuanto a innovación, internacionalización etc.

4 Centros e instalaciones de tamaño medio y grande

La experiencia internacional sugiere que un instrumento fundamental para la creación de conocimiento en las Ciencias Sociales son los Centros de investigación, donde grupos de científicos sociales trabajan de forma habitual y coordinada en torno a un campo de conocimiento importante dentro de su disciplina científica. Sin embargo, en las Ciencias Sociales tradicionalmente las instalaciones físicas se han ido desarrollando únicamente en función de la docencia. Se propone, pues, la creación y potenciación de centros de referencia en investigación en las Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas.

Con esta iniciativa, se pretende aportar instalaciones e infraestructuras a aquellos grupos españoles con trayectoria internacional reconocida y que pueden aportar una masa crítica en campos de especial relevancia científica y social. Su institucionalización en estos Centros de Referencia permitirá aumentar la visibilidad (reconocimiento exterior) de los grupos de investigadores de mayor calidad; favorecerá la movilidad de los investigadores, dirigiendo a los más jóvenes hacia estos centros en los que existen más garantías de obtener una formación avanzada y de calidad y permitirá fomentar los estudios de doctorado y postdoctorado. El aumento de la visibilidad de estos grupos de investigadores les facilitará la transferencia de conocimiento a las empresas e instituciones públicas y ofrecerá incentivos para obtener recursos adicionales para su financiación.

En el ámbito de las Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas, se ve la necesidad de estimular el uso sistemático de bases de datos y la contrastación empírica de hipótesis mediante el uso de técnicas cuantitativas rigurosas. En relación con este objetivo general se plantean objetivos específicos:

- Fomentar la investigación orientada a la creación de bases de datos para su uso público por parte de la comunidad científica.
- Primar la investigación destinada a la explotación de la información existente frente a estudios que se orienten a la elaboración de encuestas ad-hoc o de utilidad limitada.
- Fomentar la creación de bases de datos que incorporen información relevante a la que actualmente se tiene difícil acceso.
- Creación de centros especializados en la producción y gestión de datos para la investigación. Las funciones de estos centros deberían estar orientadas a:
 - Facilitar el almacenamiento y puesta a disposición de la comunidad de científicos de los datos recogidos en los distintos proyectos financiados con fondos públicos.
 - Servir de cauce para facilitar el acceso de los investigadores a los datos actualizados generados por diferentes organismos de las Administraciones públicas.
 - Establecer convenios con entidades privadas capaces de generar información relevante para su uso en la investigación, así como con entidades y organismos públicos para acceder a los datos que generan, y a los que no es posible actualmente.
 - Asegurar la transferencia de los resultados de las investigaciones realizadas con estos datos a los sectores sociales interesados. Esta transferencia debería ser una condición para el uso de la información gestionada por estos centros de datos.

- Reunir en una sola base de datos los datos relevantes para la investigación, ahora dispersos en diferentes disciplinas, para facilitar la tarea investigadora en cada uno de los ámbitos de estudio.

Existe en el área del Derecho en particular, por una parte, una dispersión de materias, que se refleja en bases de datos específicas ordenadas por criterios propios de las diferentes disciplinas y según el órgano emisor (Tribunal Supremo, Tribunal Constitucional, autoridades independientes, registros varios, Administraciones de distinto nivel). Por otra, existe una concentración en bases de datos de carácter comercial (Aranzadi, La Ley). Dada la naturaleza pública de los datos generados por las Administraciones públicas (en cumplimiento de su función de servicio público y con fondos públicos), es deseable su publicidad y disponibilidad para los investigadores.

En el ámbito educativo, pueden ser gran utilidad los datos recogidos por el INCE en sus diferentes evaluaciones o los que se alcanzarán en el futuro tanto a partir de los procesos evaluativos del profesorado y de las instituciones universitarias a través de la ANECA y agencias autonómicas, como de las que deberá llevar a cabo el Instituto Nacional de Evaluación y Calidad del Sistema Educativo: evaluaciones generales del sistema educativo y evaluaciones generales de diagnóstico, en particular las propias de los niveles de Educación primaria y de Secundaria obligatoria, así como la información derivada del Sistema Estatal de Indicadores de la Educación.

La disponibilidad de los correspondientes datos en el nivel autonómico debe permitir la comparabilidad y el consiguiente análisis y valoración de las decisiones políticas y educativas. Junto a ello, y en la medida en que tales datos estén informatizados y contengan las variables propias de una evaluación institucional, permitirán la evaluación de los centros educativos en relación con sus correspondiente contextos de referencia.

5 Actuaciones horizontales asociadas al programa

Consideramos que el futuro de la investigación de calidad en esta área depende más del establecimiento de objetivos horizontales y de la creación de instrumentos adecuados a las necesidades que de la particular selección de temas prioritarios. Los instrumentos del PN se adecuarán a las especificidades de la investigación propia de las Ciencias Sociales.

5.1 Recursos humanos

Los recursos humanos pueden desempeñar un papel importante en la investigación en Ciencias Sociales, dado que los recursos materiales necesarios para el desarrollo de investigación de primer nivel suelen ser, en términos comparativos con las áreas de otros Programas Nacionales, relativamente modestos en cuanto a su coste y apreciablemente polivalentes en su conexión con la temática de investigación. Esto coloca a la política de recursos humanos en un primer plano dentro del Programa Nacional de Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas.

De anteriores Planes Nacionales arranca una tradición de variados instrumentos en esta materia, articulados en distintos niveles: predoctoral, el posdoctoral, el de recuperación o inserción en el sistema investigador español de personal posdoctoral junior, el de (movilidad) de personal investigador permanente y, más recientemente, el de técnicos de apoyo a la investigación.

Se observa en las áreas de Derecho y de Economía una excesiva dispersión de los recursos, dado el elevado número y heterogeneidad en cuanto a la calidad, de los programas de postgrado ofrecidos por instituciones españolas. Por ello sería aconsejable que las becas se concentraran en los candidatos a

doctor que estén cursando o, al menos, hayan sido admitidos, mediante un proceso competitivo, en alguno de los programas de postgrado impartidos en relación con alguno de los Centros de Referencia o, subsidiariamente, los preseleccionados por su calidad.

5.2 Apoyo a la competitividad empresarial

El conocimiento de la situación de un sector concreto en cuanto a su desarrollo tecnológico y su capacidad de innovar es un factor clave para poder tomar medidas tanto desde el sector público como privado y elevar la competitividad de sus empresas.

Así pues, la relevancia potencial de las aportaciones procedentes de la investigación en Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas para la eficiencia de las organizaciones privadas y públicas parece indiscutible. Aun cuando hay amplio acuerdo acerca de la conveniencia de aumentar y mejorar los canales de interlocución entre los centros y grupos generadores de conocimiento y los sectores productivos y organizaciones públicas, no parece existir un conjunto preciso de instrumentos aptos para lograr este objetivo. Por ello se considera recomendable establecer cauces de financiación para transferir conocimientos que pueden tener aplicación en el ámbito empresarial y para desarrollar acciones comunes de cooperación con este objetivo.

5.3 Cooperación internacional

En este terreno, el instrumento más conocido y empleado por los investigadores en Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas ha sido el de las acciones integradas, en las cuales los mismos han tenido una participación y actividad destacable. El escaso volumen económico que hasta la fecha ha tenido este instrumento, aconseja, para optimizar los recursos escasos, concentrarlo prioritariamente en la construcción y consolidación de redes que relacionen a los Centros de Referencia españoles con otros similares de otros países, en particular europeos.

La especial situación, compromiso y relaciones con Latinoamérica parecen exigir los instrumentos de apoyo precisos para incrementar la presencia y la influencia de la investigación española y de sus investigadores en los países de Latinoamérica. Sería deseable establecer un programa para atraer a los mejores licenciados de Latinoamérica a los programas de Doctorado de calidad ofrecidos por las universidades españolas, así como un programa de intercambio de investigadores con los países Iberoamericanos.

5.4 Fomento de la cultura científica y tecnológica

Una investigación que no se da a conocer, o cuyos canales de difusión son insuficientes e ineficaces, tiene fuertemente limitadas sus aportaciones. Por ello, en el marco del Programa Nacional se emprenderán acciones específicas en este terreno.

Conviene llamar la atención sobre un fenómeno específico de algunos de los campos científicos de las Ciencias Sociales. En la investigación en estos campos se aprecia de modo alarmante un problema en la difusión de la investigación: se realiza en revistas españolas caracterizadas, en general, por el localismo, la falta de filtros y controles de calidad, y la falta de ambición teórica de una buena parte de los trabajos publicados. La renovación de estas publicaciones es un aspecto de primera importancia para la investigación en algunas áreas de ciencias sociales.

En relación con este punto se proponen como convenientes las siguientes acciones en el ámbito de la difusión del conocimiento:

- a) Actuaciones institucionales tendentes a primar la difusión de la investigación en revistas internacionales de prestigio, a fin de alcanzar el reconocimiento del trabajo realizado en España.

- b) Acciones específicas de apoyo a aquellas revistas nacionales que cumplan los estándares más exigentes de rigor en la selección del material publicado. De no ser así, las revistas españolas quedarán despobladas de los trabajos de mayor nivel y relegadas a un segundo plano.
- c) Acciones de apoyo al impulso inicial de establecimiento de procedimientos rigurosos de selección, con evaluación externa y, al menos parcialmente, en las lenguas de referencia en el campo científico, capaces de insertarse en el panorama internacional.
- d) Junto a ello, y siempre que los niveles de calidad de la investigación así lo aconsejen, es conveniente prever la financiación de congresos de alto nivel y la ayuda a los investigadores para que puedan asistir a eventos relevantes dando a conocer los resultados de sus trabajos.

En lo relativo a la divulgación del conocimiento científico generado se propone la realización de actuaciones destinadas a la difusión del conocimiento entre personas e instituciones no especializadas, potencialmente interesadas en el resultado de la investigación. En este ámbito, puede jugar un importante papel el apoyo a plataformas virtuales, la potenciación de programas en medios de comunicación y las revistas profesionales, de forma que el conocimiento y sus potenciales aplicaciones lleguen a todo tipo de entidades públicas y privadas –centros educativos, asociaciones profesionales, asociaciones de padres- y a la sociedad en general.

6 Relación con otros programas nacionales

Programa Nacional de Humanidades

La proximidad de las áreas de Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas y Humanidades es estrecha y abarca múltiples aspectos. Las líneas prioritarias de Humanidades tienen puntos de contacto con las Ciencias Sociales, y muy especialmente las relacionadas con “Identidades culturales, multiculturalismo, y efectos de la globalización en la cultura”, “La dimensión europea internacional de las culturas y los pueblos de España” y “Lenguaje, pensamiento y sociedad”, que tiene una relación directa con la línea “Cognición, cerebro, conducta y educación” de este programa.

Paralelamente, las prioridades temáticas de Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas y en especial la “Cohesión económica, social y territorial: identidad personal y colectiva” y la de “Cognición, cerebro, conducta y educación”, tienen una dimensión humanística indudable.

Programa Nacional de Tecnologías Informáticas

Las nuevas tecnologías de la información y de la comunicación pueden jugar un importante papel tanto en la configuración de las actitudes sociales como en la creación de oportunidades de aprendizaje a lo largo de la vida para personas privadas de la oportunidad de asistencia regular a centros educativos presenciales.

El Programa de Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas a través de las aportaciones de los grandes núcleos disciplinares debe encontrar teoría, experiencias y respuestas en estos dos grandes ámbitos.

Por otro lado, los grandes avances en internet y las plataformas de acceso a la información, a la ciencia y al conocimiento en general, merecen un estudio interdisciplinar que permita optimizar sus enormes potencialidades.

En ambos sentidos, parece necesario establecer programas de investigación sobre aprendizaje y evaluación en contextos virtuales, acceso efectivo y con los debidos criterios de selección a la información, seguridad y salvaguardia de los derechos de propiedad intelectual o e-learning, entre otros temas.

En el ámbito de las actitudes, los proyectos deberían incorporar a los titulados en ciencias de la información, las empresas y los profesionales de los medios de información.

Programa Nacional de Tecnologías para la Salud y el Bienestar

La evidente relación entre la salud corporal y mental pone de relieve las múltiples aportaciones que, desde las Ciencias Sociales, Económicas y Jurídicas, pueden realizarse a este programa nacional, especialmente en el ámbito de la prevención.

La Psicología y las Ciencias de la Educación en general, pueden realizar aportaciones directas, como muestran algunas de las propuestas en la línea prioritaria 1 en relación a la calidad de vida y en la línea prioritaria de "Cognición, cerebro, conducta y educación"; la Política, mediante el diseño de programas generales; la Sociología, aportando información fruto de consultas a las diversas capas sociales; la Economía, haciendo los estudios pertinentes, y el Derecho, garantizando la salvaguardia de los derechos individuales, son algunas de las muestras de la relación del área con programas propios de áreas más o menos cercanas en términos disciplinares.

Acciones estratégicas transversales

Acción estratégica de Tecnologías turísticas

Introducción

El turismo es una industria de gran importancia para el desarrollo económico y social de muchos países: representa cerca del 11% del Producto Interior Bruto (PIB) mundial y más del 8% del empleo mundial (*World Tourism Organization, 2001*). Además, entre 1995-2000 en la mayoría de los países miembros de la OECD el Valor Añadido Bruto (VAB) y el empleo del sector de hostelería y de restauración han experimentado un crecimiento mayor que el demostrado por la economía en su conjunto y que el sector servicios en su totalidad [OECD (2002). *Services: Statistics on Value Added and Employment*, OECD, Paris, Francia].

En España el sector turístico es uno de los motores básicos de la economía, representando un 11% del Producto Interior Bruto (INE, 2002). Los principales destinos turísticos nacionales suelen ser Baleares y Canarias que se reparten el 43% de los turistas anuales que llegan a España (Instituto de Estudios Turísticos, 2001: *Evolución del Turismo en España. Año 2000*). Además, la importancia del turismo transcende a su contribución económica ya que su impacto alcanza en mayor o menor grado a muchos sectores y actividades productivas de nuestra economía (construcción, transporte, etc.). Así, se estima que el consumo anual de bienes y servicios que realizan los turistas en España representa más del 14% del consumo privado y cerca de un 8% de la demanda final de la economía española.

Dada la contribución del turismo al PIB y al empleo en España y su importancia estratégica, es importante propiciar y contribuir al crecimiento económico y competitividad de este sector. Así, las características actuales de la demanda turística, como son la estacionalidad o los cambios en los procesos de intermediación, unido a un entorno más competitivo, cambiante y exigente en el que operan las empresas turísticas, implican que el mantenimiento de su competitividad no puede desligarse de la innovación y de la investigación y el desarrollo tecnológico.

Justificación de las actuaciones

En la literatura económica existen numerosos estudios que se centran en el análisis de la competitividad en economías industriales pero, sin embargo, son muy escasos los estudios sobre los determinantes de la **competitividad** en economías especializadas en turismo. Algunas razones que ayudan a explicar esta escasez de estudios son entre otras: los problemas de medición de la competitividad-precio en el sector turístico, la mayor dificultad en la medición de la calidad en el sector servicios en general y en el sector turístico en particular, los problemas para definir y medir la innovación en el sector

turístico o las características diferentes en relación con el medio ambiente de las economías especializadas en turismo frente a las economías industriales.

La **innovación** es una herramienta clave para la competitividad de las empresas, al incidir sobre las prestaciones y los costes de su oferta. En el caso del sector turístico, estudios recientes han mostrado que la innovación tiene unas características específicas derivadas de las peculiaridades que presenta. En primer lugar, la intangibilidad y creciente contenido en información, tanto de los servicios prestados como de las actividades para producirlos, confiere a la generación y uso de las **tecnologías de la información y comunicaciones** (TIC) un papel fundamental en las actividades de innovación de las empresas turísticas. En segundo lugar, la competitividad de las empresas turísticas también depende positivamente del estado del medio ambiente puesto que es el recurso principal que la sustenta. Por un lado, es un atributo del producto y, por otro, es un factor de producción necesario para desarrollar la actividad turística.

La mayor parte del turismo que llega a España elige la costa como destino y, por ello, la franja costera es el principal recurso sobre el que se sustenta la actividad turística sobre todo en determinadas comunidades autónomas como por ejemplo, en Baleares (impulsa directamente más de un 60% del PIB e indirectamente un 90% del PIB) o en Canarias (representa el 83% del PIB) entre otras. Sin embargo, aunque se pueda considerar que se trata de un recurso inalterable, el desarrollo turístico y económico de muchas zonas costeras de España y los problemas urbanísticos y demográficos relacionados, han generado una serie de externalidades negativas que se traducen en desequilibrios medioambientales que amenazan la sostenibilidad de la costa como, por ejemplo, el deterioro de la calidad del agua, la erosión de playas o la pérdida de espacios dunares entre otros. Todos estos síntomas no son independientes y reflejan una causa común: la gran presión ejercida sobre la costa como recurso, lo que indica que la capacidad de carga de algunas zonas costeras españolas para soportar las actividades turísticas podría haber sido excedida en algunos casos.

Parece evidente, por tanto, que la degradación medioambiental de la costa juega un papel decisivo sobre la actual demanda turística y es un factor fundamental para el desarrollo sostenible de este sector, al estar en juego el recurso natural que sustenta la actividad turística, y también para la calidad de vida de los ciudadanos. De hecho, esta degradación medioambiental de la costa se ha traducido en una mayor preocupación social y pública por el estado del medio ambiente en España. Esto implica, por un lado, que las empresas turísticas se enfrentan a una demanda cada vez más sensible a los factores medioambientales y por otro lado, que las empresas tienen más incentivos para introducir novedades o mejoras (i.e. innovaciones) medioambientales pues está en juego la sostenibilidad del recurso básico para el desarrollo y competitividad de su actividad turística. Por todo ello, una mejor y mayor comprensión de la innovación medioambiental en la gestión de las empresas turísticas aporta un conocimiento básico que sirve de ayuda para el diseño y establecimiento de **políticas de promoción de la innovación medioambiental** en la actividad turística.

Por último, los análisis de las tendencias posibles de la evolución de la industria turística sugieren que ésta mantendrá niveles apreciables de crecimiento por encima de los índices económicos internacionales, aunque estos niveles no serán tan altos como en el pasado. Desde un punto de vista cualitativo, el futuro de la industria se caracterizará por un distanciamiento con respecto al modelo de turismo de masas. Surgirán nuevos modelos de turismo que tendrán su base en el desarrollo de las TIC, en la aparición de un **nuevo tipo de consumidor** (con más experiencia, más exigente, con deseos más patentes de distinguirse y separarse del resto y con una mayor sensibilidad medioambiental). Así, la conservación medioambiental se convertirá en una necesidad si se quiere garantizar el éxito de la industria turística y surgirán nuevos modelos de gestión y organización más flexibles e innovadores que sean capaces de ofrecer bienes y **servicios turísticos mucho más segmentados y especializados**.

Por todo ello, la mejora de la competitividad del sector turístico español y la excelencia turística deben ser objetivos fundamentales de la sociedad española, objetivos que también recoge el Plan Integral de Calidad del Turismo Español (PICTE 2000-2006). El PICTE tiene, entre sus líneas de actuación, distintos programas de desarrollo tecnológico como son: la Calidad en Destinos Turísticos (programa 1º), la Innovación de Productos (programa 2º), la calidad de las Empresas Turísticas (programa 3º) y la Innovación Tecnológica (5º programa).

Para conseguir tales objetivos es importante que dentro del marco del Plan Nacional de I+D+I se propicien líneas de investigación científica y tecnológica y de apoyo a la innovación que se centren en el análisis de la competitividad y el crecimiento económico del sector turístico, en el desarrollo e implantación de sistemas y metodologías de gestión empresarial, de calidad y medioambiental, en el desarrollo de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), en el desarrollo de tecnologías para una gestión sostenible del negocio turístico, así como la innovación de productos turísticos que permita la diversificación sectorial contribuyendo de esta forma a la desestacionalización y a la desconcentración espacial de la oferta y la demanda turísticas.

Actuaciones propuestas

Como consecuencia de esta apuesta decidida por la innovación en el sector turístico con una progresiva implicación en actividades de I+D+I como base de su competitividad a medio y largo plazos, y teniendo en cuenta el carácter transversal de la actividad turística que afecta a múltiples áreas tecnológicas, y las nuevas áreas de interés en la actuación de la política turística, se ha decidido la inclusión en el Plan Nacional de I+D+I 2004-2007 de una Acción Estratégica de Turismo. Dentro de esta Acción Estratégica se proponen las siguientes líneas de actuación prioritarias:

1 Competitividad del sector turístico

La mejora de la competitividad del sector turístico español es el objetivo prioritario de esta acción estratégica y, sin embargo, son escasos los estudios sobre la competitividad en economías especializadas en turismo. Es importante, por tanto, que dentro del marco del Plan Nacional se propicien proyectos de I+D en torno a las siguientes líneas o áreas:

- 1.1. Análisis de los determinantes específicos de la competitividad en economías turísticas.
- 1.2. Innovación en el diseño de políticas turísticas:
 - Desarrollo y revisión de las técnicas de evaluación de los impactos económicos del turismo.
 - Políticas medioambientales para economías turísticas.
- 1.3. Factores de la innovación en el sector turístico.
- 1.4. "Clusters" de conocimiento e innovación asociados al sector turístico.
- 1.5. El "nuevo" consumidor turístico: la segmentación del mercado.

2 Instalaciones Tecnológicas de Demostración de soluciones avanzadas integradas en empresas e instalaciones turísticas

Estas soluciones deberán cubrir aspectos tales como:

- 2.1. Diseño del uso urbanístico del territorio en el destino (como arquitectura aplicada al turismo, mobiliario y equipamiento urbano, etc.).

- 2.2. Instalaciones y equipamientos en empresas y servicios turísticos.
- 2.3. Robótica y Demótica aplicadas al sector turístico.
- 2.4. Instalaciones de realidad virtual.
- 2.5. Diseño de la accesibilidad en establecimientos turísticos para las distintas discapacidades.

3 Turismo y Medio Ambiente

La degradación medioambiental del entorno donde operan las empresas turísticas es un factor fundamental para el desarrollo sostenible de la industria, al estar en juego el recurso natural que sustenta la actividad turística. Este hecho lleva a que uno de los factores para el mantenimiento y mejora de la competitividad de las empresas turísticas sea la preservación del medio ambiente. Por tanto, se deben llevar a cabo actuaciones que persigan la sostenibilidad de la industria turística tales como:

- 3.1. Desarrollo de modelos de evaluación de la capacidad de carga del destino.
- 3.2. Adaptación e implantación de sistemas de gestión medioambiental.
- 3.3. Implantación de sistemas y dispositivos de gestión de residuos y uso racional de agua y ahorro energético.
- 3.4. Reutilización y desalación de aguas. Aplicación en áreas turísticas.

4 Gestión de la información

Una de las características de los servicios y actividades turísticas es su intangibilidad y alto contenido en información. Por ello, se debe fomentar el desarrollo de nuevas tecnologías de la información y comunicación que faciliten la prestación de los servicios y el desarrollo de las actividades turísticas, básicamente:

- 4.1. Sistemas de autoguía turística adaptados al patrimonio natural y cultural.
- 4.2. Diseño y dispositivos de información y señalización turística.
- 4.3. Dispositivos de acceso a las redes de información adecuados al sector turístico.
- 4.4. Sistemas de Gestión sin papel, documentos electrónicos, esquemas XML.
- 4.5. Sistemas de mejora de la productividad, aplicaciones *back office* y *front office* integradas.
- 4.6. Sistemas capilares de información y reservas que permitan mecanizar la oferta de las PYMEs y de los pequeños municipios.
- 4.7. Aplicación y desarrollo de sistema de gestión del sistema de Calidad Turística Española para empresas y productos.
- 4.8. Gestión y difusión de la información sobre calidad turística.
- 4.9. Sistema de información para cooperación en destinos (compras, ventas, etc.).

La acción estratégica se coordinará preferentemente con los programas nacionales de Ciencias y Tecnologías Medioambientales, y el de Tecnologías de Servicios de la Sociedad de la Información.

Acción estratégica de Nanociencia y nanotecnología

1 Introducción

Un eje fundamental de interés científico y tecnológico actual es la Nanociencia (estudio de fenómenos nuevos que ocurren a escala nanométrica), la fabricación y control de materiales a escala nanométrica (nanomateriales) o manipulación o estructuración de objetos y materiales a dicha escala (nanotecnología). En el contexto internacional estas actividades emergentes se están estimulando y canalizando a través de programas específicos. En el entorno español, en los distintos ámbitos de actividad citados, hay un creciente número de iniciativas tanto académicas como provenientes de sectores productivos, que demuestran la inquietud y expectativas generadas por la nano-escala.

La Nanociencia es la comprensión fundamental de los fenómenos a la nanoescala y en buena parte, la condición necesaria para hacer realidad la nanotecnología. La nanoescala no es solo un paso más hacia la miniaturización, sino un terreno cualitativamente nuevo, completamente dominado por la mecánica cuántica. En efecto, la materia, modificada a la nanoescala, puede tener propiedades fundamentalmente diferentes de las habituales. Conocemos bien los principios científicos que determinan el comportamiento de átomos y moléculas sencillas, por un lado, así como el modo de describir el comportamiento de la materia a la escala microscópica, por otro. La frontera, aún por explorar es la nanoescala, donde lo pequeño puede ser esencialmente diferente, cuando el tamaño del material, al menos en una dimensión, se aproxime a la longitud característica del fenómeno que se trate. Muchas teorías actuales de la materia a escala microscópica (p. ej. emisión de luz por partículas metálicas, ferromagnetismo) tienen longitudes críticas (longitud de onda del plasmón, tamaño de las paredes de dominios magnéticos) en la escala de los nanómetros y serán muy probablemente inadecuadas para describir los fenómenos a la nanoescala.

La Nanociencia se puede definir como el conjunto de saberes y metodologías dirigidos a fabricar, estudiar y caracterizar estructuras funcionales con dimensiones inferiores a unas pocas decenas de nanómetros. El estudio de dichas estructuras incluye el análisis de propiedades químicas, estructurales, mecánicas, eléctricas, ópticas o magnéticas, el estudio de interacción con otras nanoestructuras, su interacción con ondas electromagnéticas, su interacción con medios biológicos, etcétera. Hay que destacar que la Nanociencia solapa en muchos aspectos con la Biotecnología ya que manipular código genético comporta introducir cambios en unidades cuyas dimensiones son unos pocos nanómetros.

2 Perspectivas tecnológicas e implicaciones sociales

Los más que probables avances científicos fundamentales en la Nanociencia conducirán a cambios dramáticos en el modo en que se entienden y fabrican materiales, dispositivos y sistemas. Dada la importancia de controlar la materia a la nanoescala en problemas relacionados con el medio ambiente, la salud y casi cualquier industria, hay pocas dudas de que las implicaciones sociales de la Nanotecnología pueden ser muy profundas. De hecho, a menudo se dice que la Nanotecnología está abriendo el camino a la próxima revolución industrial. Hoy la Nanotecnología está todavía en su infancia, pero en el futuro se perfilan incrementos de ordenes de magnitud en la eficiencia de los ordenadores, la posibilidad de restauración de órganos humanos mediante tejidos prediseñados, o de nuevos materiales creados por auto-organización de átomos y moléculas, así como la emergencia de fenómenos físicos y químicos completamente nuevos.

Entre los avances tecnológicos potenciales asociados a la Nanotecnología podemos mencionar:

- El aumento en varios órdenes de magnitud de las capacidades actuales de almacenamiento de datos. A modo de ejemplo, un dispositivo de unos pocos centímetros cuadrados contendría la misma información que la almacenada en cientos de miles de libros.
- Fabricar materiales y productos de 'abajo a arriba' (bottom-up). Esto permitirá desarrollar procedimientos de manufactura que implicarán menos cantidad de materiales de partida, optimizando el consumo, y teniendo menos impacto medioambiental.
- Desarrollar materiales mucho más resistentes y más ligeros que el acero. Esto permitirá desarrollar mejores medios de transporte, más seguros, de menor consumo, lo que también determina un descenso en el consumo de combustibles fósiles. Estos desarrollos permitirían un avance sustancial en la fabricación de futuros vehículos, aeronaves y estaciones espaciales.
- Desarrollar ordenadores más rápidos y de una mayor integración, que superarán en miles de veces las prestaciones de los ordenadores actuales. Esto permitirá que la revolución tecnológica basada en las comunicaciones siga profundizando en la sociedad.
- Fabricar sistemas que liberen productos farmacéuticos diseñados mediante técnicas genéticas para detectar y atacar localmente tumores u otras enfermedades en el cuerpo humano. Fabricar sistemas de diagnóstico basados en moléculas complejas diseñadas para fines específicos.
- Crear minúsculos sensores de muy bajo precio, capaces de controlar multitud de parámetros de forma que muchos procesos industriales o de la vida cotidiana se hagan más precisos y seguros (conducción vial, detección de contaminantes, electrodomésticos inteligentes, etc).
- Crear sistemas de extracción de contaminantes tanto del agua como del aire de forma que el medio ambiente sea más limpio y permita un crecimiento sostenido en las grandes concentraciones urbanas que ya existen o surgirán a lo largo de las próximas décadas.

En definitiva, desde el punto de vista de las aplicaciones, hay grandes expectativas sobre el posible uso de los nanomateriales, incluyendo nuevos dispositivos electrónicos y computadores que trasciendan la era del Silicio (ejemplo: nanotubos de carbono en nuevas memorias de enorme capacidad) Ya empieza a hablarse de la electrónica molecular, que se basará en el ensamblado de nanoestructuras. También se trabaja sobre nanosensores, dispositivos optoelectrónicos, materiales con propiedades químicas y mecánicas nuevas, nuevos catalizadores, almacenamiento de hidrógeno, etc.

3 La nanotecnología en el mundo

El potencial de aplicación de la nanotecnología a dispositivos y bienes de consumo es inmenso, aunque en la mayor parte de los casos, las promesas no se harán realidad hasta dentro de unas décadas. Ante tal perspectiva se han tomado iniciativas de financiación, educación y organización de la investigación en Nanotecnología extraordinariamente importantes en EE. UU. Japón y Europa. Por ejemplo, la National Science Foundation ha lanzado el plan NNI ("National Nanotechnology Initiative") por el cual se destinan casi 1000 millones de dólares para fomentar, en los próximos cuatro años, la investigación multidisciplinar con objetivos a largo plazo en el área de la Nanociencia y Nanoingeniería. En los estados de California y Texas se destinarán centenares de millones de dólares a la creación de centros dedicados a Nanotecnología. Japón cuenta también con un poderoso plan apoyado económicamente desde los sectores industriales y el gobierno. En países como Corea la iniciativa fundamentalmente tiene base industrial (por ejemplo la empresa Samsung dedica más de 500 personas a desarrollos basados en Nanotecnología en un centro de investigación creado recientemente).

En Europa, de forma más modesta, se han ido estableciendo programas nacionales o europeos donde la Nanotecnología se presenta como un punto clave. En Alemania el Ministerio de Investigación y Tecnología (MBFT) estableció ya en 1998 seis centros nacionales de competencia en Nanotecnología. Centros de Nanotecnología han sido creados en Francia o en el Reino Unido. La Unión Europea ha lanzado la iniciativa NID ("Nanotechnology Information Devices"), dentro del plan IST (Information Society Technologies) y con más orientación hacia el desarrollo de la Nanoelectrónica. Es importante destacar que la Comisión Europea está considerando recientemente una Red de Excelencia en Nanotecnología (PHANTOMS) que está siendo coordinada desde España por una PYME. En el área de materiales de la Unión Europea (GROWTH) ha habido una dedicación similar hacia el impulso de la Nanotecnología aplicada al desarrollo de nuevos procesos industriales.

Estos tímidos pasos van a consolidarse en un serio impulso de la Nanotecnología en el VI Programa Marco de la U.E. De hecho una de las 8 áreas que está siendo impulsada tiene como nombre "Nanotecnología y Nanociencia, materiales multifuncionales basados en el conocimiento y nuevos dispositivos y procesos de producción" y estará dotada con más de 1.000 millones de Euros para el periodo 2002-2006. El auge en Europa de las iniciativas dedicadas a desarrollar y divulgar la Nanociencia han sido muchas, hasta el punto de que hoy en día existen más de 50 redes nacionales o regionales dedicadas a aunar esfuerzos en este decisivo tema. Además de las iniciativas institucionales, la Nanotecnología está siendo objeto de creciente interés en el mundo no académico, dadas las consecuencias importantes que tendrá sobre la sociedad.

4 La nanotecnología en España

La situación de la nanotecnología en España es contradictoria. Por un lado existen numerosos grupos de investigación cuyo personal está excelentemente formado en las diversas técnicas y metodologías directamente relacionadas con la nanociencia. Ese grupo de (mayoritariamente jóvenes) investigadores ha "crecido científicamente" en el contexto en el que la misma Nanociencia ha ido surgiendo. Por otro lado, no ha existido ni en el anterior Plan Nacional, ni en los planes regionales programas que pueda aglutinar los esfuerzos de todas esas personas altamente cualificadas.

Desde una perspectiva industrial, existe un casi completo desconocimiento de las implicaciones que a medio plazo van a tener los desarrollos tecnológicos. Menos de una decena de empresas espa-

ñolas están al tanto de las implicaciones de la Nanotecnología a corto o medio plazo. Sin embargo parece evidente que en este caso el tránsito del saber básico a la aplicación industrial ocurrirá a medio plazo y que hay que ir sentando las bases de ese tránsito desde ahora. Llegará el momento en que sea necesario que el personal que trabaje en la industria conozca técnicas derivadas de la Nanociencia de la misma manera que en los procesos industriales de hoy en día, automatización, robótica o microtecnología son términos comunes.

En general las iniciativas existentes para el impulso de la Nanotecnología son escasas y surgen de los propios científicos o son forzadas desde la Unión Europea. Entre los ejemplos de iniciativas a favor de la Nanotecnología citaremos la existencia de la Red Nanociencia, financiada en parte por el Ministerio de Ciencia y Tecnología. Esta red reúne a jóvenes investigadores y tiene un enfoque de ciencia básica. Existe otra iniciativa, de mayor calado, NanoSpain, que pretende aglutinar esfuerzos de empresas y Organismos Públicos de Investigación para que se formalice un Programa dedicado a Nanotecnología, tras un periodo en el que se establecerán sólidas colaboraciones entre grupos de investigación. Como ejemplos adicionales de las iniciativas que han surgido en España relacionadas con este campo citaremos la celebración de la serie de conferencias internacionales "Trends in Nanotechnology" durante los años 2000, 2001, 2002 y 2003.

A modo de ilustración, entre las posibles infraestructuras necesarias podríamos mencionar:

- Preparación y fabricación de Nanosistemas
 - Nanolitografía (electron beam +ion beam milling, SPM) incluyendo litografía UV óptica convencional y medios de pulido, corte, encapsulación y contactos en sala blanca.
 - Sistemas de crecimiento sobre superficies por diversas técnicas [Sputtering DC y RF, Molecular Beam Epitaxy, Chemical Vapor Deposition, Laser Ablation o Pulsed Laser Deposition (PLD)].
 - Técnicas blandas de nanofabricación como nanoimprinting o litografía en polímeros.
 - Técnicas de vía húmeda (Biotecnología, Surfactantes o electroquímica, etc), técnicas de autoensamblado y autoorganización y Langmuir-Blodgett.
 - Sistemas de nanofabricación por bombardeo de iones focalizados (FIB)
 - Micromanipuladores.
- Técnicas de caracterización de nanoestructuras y desarrollo de instrumentación
 - Sistemas de caracterización nanométrica de AFM-STM, incluyendo en condiciones especiales (bajas temperaturas, bajos/altos campos magnéticos, en ultra-alto vacío, a alta presión, entre otras).
 - Métodos metrológicamente validados.
 - Técnicas de microanálisis de nanoestructuras (XPS, AES, Ion scattering).
 - Microscopía electrónica de alta resolución con técnicas de análisis asociadas.
 - Manipuladores robotizados para estudios combinatoriales de nanopartículas y nuevas moléculas.
 - Sistemas de caracterización en un amplio rango de longitudes de ondas (microondas, visible).
 - Sistemas de caracterización específicos (microSquid, resonancia ferromagnética)
- Técnicas de modelización y simulación de nanoestructuras.
- Sistemas de cálculo con enlace de alta velocidad interna que permita la paralelización de códigos ab-initio. Puestos de trabajo con altas prestaciones de representación gráfica.

5 Actuación

El nivel actual de desarrollo de las Nanociencias hace imprescindible el apoyo fundamentalmente, a la investigación básica en la materia, algo que debe priorizarse en el Plan nacional de I+D+I a través de los distintos Programas nacionales implicados en estos temas: física, materiales, diseño y producción industrial y tecnología electrónica y de comunicaciones.

Sin embargo las líneas priorizadas en los distintos programas deben llevar el apoyo de una actuación específica de coordinación que genere una infraestructura material, humana y social capaz de impulsar un mayor avance en un área tan prioritaria en la que nuestro país necesita una rápida puesta al día.

Esta actuación transversal debe contemplar los siguientes objetivos:

- Infraestructuras instrumentales: la comunidad de I+D en Nanociencias necesita técnicas y equipamientos especializados. Ello supone adquisición de infraestructuras científicas y formación de técnicos de apoyo. La puesta en marcha de estas técnicas y su explotación no suele ser trivial, por lo que en la fase actual del Plan Nacional se considera adecuado crear un Centro Virtual de Tecnologías Aplicadas a las Nanociencias, donde diversos grupos de trabajo se coordinen para adquirir y poner a punto las tecnologías que se consideren de mayor interés, poniéndolas a disposición de uso por toda comunidad científica y técnica implicada.
- Demostradores científico-técnicos: según se expone en el inicio de este documento, en nuestro país existe un alto potencial científico junto a un bajo interés industrial. Es necesario fomentar actuaciones que impliquen a la totalidad de los actores del sistema de I+D+I en la consecución de resultados de interés industrial, de modo que se genere el conocimiento mutuo así como el interés empresarial en estas nuevas tecnologías. Los demostradores a impulsar por esta actuación deben ser un número muy reducido, integrados por organismos de ámbitos científicos, tecnológicos y empresariales, con objetivos bien definidos y alcanzables, sin que sea una condición imprescindible la posible comercialización de los resultados finales. Su finalidad básica es la creación de una red de relaciones entre los sectores de I+D+I, así como poner en evidencia las capacidades de generar innovación por parte de este nuevo ámbito del conocimiento.

Un grupo de trabajo interdisciplinar diseñará los procedimientos y las actuaciones a convocar, así como el seguimiento sobre el grado de consecución de los objetivos aquí planteados.

Acción estratégica de e-Ciencia

Introducción

La colaboración flexible y desligada geográficamente será una de las claves futuras para la innovación y el desarrollo científico, tecnológico, económico y cultural, puesto que recoge el reto del uso compartido de todo tipo de recursos informáticos, así como de la integración de datos heterogéneos, maximizando la creatividad y productividad. De esta forma nace la denominada e-Ciencia, que pretende plasmar en aplicaciones concretas esta promesa de colaboración global.

A pesar del impacto positivo de plataformas digitales, tales como centros de supercomputación o la introducción ubicua de Internet, el verdadero soporte digital para dicha colaboración solo se empieza a desarrollar en los últimos años, gracias a la introducción de sistemas abiertos de identidad digital, servicios Web y tecnologías y aplicaciones Grid. La presente iniciativa surge en un momento en el que ya se han producido importantes avances tecnológicos que aseguran su viabilidad y se requiere el siguiente paso de aplicabilidad real. De hecho, y tal y como ha sido el caso históricamente, las comunidades de científicos y tecnólogos están dispuestas a arriesgarse a utilizar tecnologías aún en desarrollo a cambio de beneficiarse del acceso compartido y colaborativo a recursos digitales, en particular cuando es necesario el uso de cómputo intensivo o de grandes bancos de datos estructurados.

La llamada "e-Ciencia" y sus tecnologías asociadas (principalmente tecnologías GRIDs) se han de introducir para responder a nuevas necesidades y potenciar determinadas áreas científicas y tecnológicas desde sus propios programas específicos, en aquellos casos donde se estime se puedan obtener beneficios. Desde este punto de vista hay dos casos diferenciados: Por un lado, los programas del Área de Tecnologías para la Sociedad de la Información (especialmente Tecnologías Informáticas y, en menor medida, Tecnología Electrónica y de las Comunicaciones) incluyen como líneas prioritarias las tecnologías GRID, el "middleware" y la interoperabilidad subyacente a ellas o la seguridad e identidad digital. Por otro lado, un alto número de programas (entre ellos, Física de partículas, Biotecnología, Espacio y Biomedicina) recogen como líneas prioritarias las aplicaciones particulares de e-Ciencias y GRIDs.

La similitud de las aplicaciones aun en ámbitos diversos y la necesidad de optimizar y unificar las tecnologías subyacentes hacen oportuno la propuesta de una acción estratégica transversal en el nuevo Plan Nacional de I+D+I.

Marco internacional: la e-Ciencia en el mundo

Actualmente existe un amplio catálogo de iniciativas e-Ciencia a escala mundial. El VI Programa Marco de la Unión Europea contempla tanto el desarrollo y financiación de las infraestructuras de comunicación básicas (dentro del área de "Estructuración del Espacio Europeo de Investigación") como nue-

vas acciones utilizando los instrumentos de Proyectos Integrados y Redes de Excelencia. Estas nuevas acciones se enmarcan en muy diversos ámbitos, desde los proyectos en el campo de la ingeniería o de la física hasta los proyectos en el área de la Genómica o incluso en la ya denominada "e-Salud". En particular, las tecnologías GRID forman parte de la prioridad 2, en el programa de "information Society Technologies" del VI programa Marco, concretadas en el objetivo estratégico de la primera convocatoria "Grids for Complex Problem Solving".

Dentro de las iniciativas individuales de Estados Miembros, destacan las iniciativas en el Reino Unido y en Italia. En particular, cabría resaltar el importante esfuerzo británico que se ha traducido en un programa independiente de e-Ciencia con una dotación económica tan importante que lo convierte, de hecho, en estratégico.

En otros continentes el apoyo prestado a la e-Ciencia tiene ya una cierta tradición, como es el caso de Japón y Estados Unidos. De hecho, en Estados Unidos tanto la National Science Foundation como los National Institutes of Health tienen iniciativas al respecto, con proyectos de construcción de entornos de colaboración y de uso conjunto de datos y recursos informáticos en avanzada fase de ejecución.

En el ámbito industrial, prácticamente todos los grandes proveedores de equipos y aplicaciones informáticos contemplan la e-Ciencia como un vía estratégica de negocio. También las empresas más pequeñas están identificando nichos en este mercado naciente y, de hecho, una de las primeras empresas en comercializar productos GRIDs es española.

Marco nacional: la e-Ciencia en España

España ha ido construyendo una infraestructura de comunicación de información científica en continuo crecimiento y que goza de la amplia aceptación de la comunidad científica, como es el programa RedIRIS. También tiene una buena tradición en torno a grupos de investigación en las diversas áreas de la computación paralela y distribuida, tanto en tecnologías informáticas y de comunicaciones básicas, como en el campo de las aplicaciones, especialmente en el área de Física de Altas Energías.

Indudablemente, esta situación proporciona la base para que se desarrollen aplicaciones en las diversas áreas científicas donde compartir recursos informáticos es más acuciente -como la Biología, la Física, la Salud y Las Ciencias del Espacio, entre otras-, de forma que todas estas aplicaciones usen desarrollos e infraestructuras comunes, de cara a maximizar la productividad y minimizar los tiempos de desarrollo.

Objetivos

La acción se concibe como un programa transitorio de apoyo al desarrollo de la "e-Ciencia" que complete su introducción en las diversas áreas científicas y tecnológicas. De esta forma establece sus objetivos en:

- Promover la identificaciones de problemas comunes para proponer soluciones similares en áreas diferentes.
- Estimular la interacción de grupos de científicos con necesidades de aplicaciones en "e-Ciencia" con científicos y tecnólogos en el área de la informática y de las comunicaciones. De hecho, las

primeras aplicaciones de "e-Ciencia" y las primeras técnicas de computación Grid han surgido fruto de estas colaboraciones interdisciplinarias.

- Apoyar la integración de dichos equipos de investigación y desarrollo con medidas adicionales a los propios proyectos de investigación, en particular la complementación de infraestructuras existentes para ser dedicadas a un uso colaborativo, la dotación de personal adicional responsable del desarrollo de las nuevas aplicaciones y del mantenimiento de las nuevas expansiones, así como financiación adicional para la coordinación.



ÁREAS HORIZONTALES



Programa Nacional de Cooperación internacional en ciencia y tecnología

1 Justificación del Programa

La Ley 13/1986, de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica establece en su artículo octavo que a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología le corresponderá definir las exigencias del Plan Nacional en materia de relaciones internacionales y establecer previsiones para su ejecución, todo ello en colaboración con los órganos competentes de la acción exterior del Estado. Corresponde, asimismo, a la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología la coordinación y el seguimiento de los programas internacionales de investigación científica y desarrollo tecnológico con participación española.

La actividad científica y tecnológica se enfrenta a un enorme cambio, fruto de la globalización y de los desafíos que plantea una nueva sociedad dirigida por el conocimiento. Dichos cambios afectan de manera particular a los procesos de producción, difusión y explotación del conocimiento científico y técnico, aspectos todos ellos clave en el proceso de innovación tecnológica, y en consecuencia, del crecimiento económico a largo plazo.

El avance en investigación científica y en innovación tecnológica en un mundo globalizado no puede entenderse sin la cooperación internacional. España no escapa a esta necesidad y ha de plantearse la colaboración tanto con países de su entorno y nivel de desarrollo para avanzar en la obtención de conocimiento más rápida y eficientemente, como con aquellos países para los que la cooperación es la base para propiciar mayores niveles de desarrollo. Si la cooperación con los primeros está guiada por la excelencia científica y tecnológica en beneficio de la calidad de vida de los ciudadanos, la cooperación con los países en desarrollo o en transición debe de estar guiada por un afán solidario que facilite la construcción de un tejido científico y tecnológico útil para su propio desarrollo sostenible. Los esfuerzos en la cooperación en I+D+I para el desarrollo deben de ir encaminados a integrar los tres componentes del desarrollo sostenible: desarrollo económico, desarrollo social y la protección ambiental, como pilares interdependientes y de mutuo refuerzo. La idea de sostenibilidad viene apoyada básicamente en las resoluciones de la Comisión de Desarrollo Sostenible (NU) siguiendo las indicaciones de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, la Agenda 21, la Declaración de Johannesburgo sobre Desarrollo Sostenible y los acuerdos para conseguir acuerdos internacionales en temas de desarrollo.

La globalización de la I+D+I es ahora más que nunca un hecho que se hace realidad en la consolidación de numerosos programas e iniciativas internacionales y en el fortalecimiento de las relaciones bilaterales entre países. Actualmente todos los países avanzados han aprendido que sólo se puede sobrevivir en el momento que interconecten sus recursos.

España debe ocupar el puesto que por su nivel de desarrollo y por su calidad y capacidad científica y tecnológica le corresponde en el contexto internacional. Asimismo, es preciso responder a las obli-

gaciones con aquellos países con los que por razones históricas, culturales o geográficas, tiene un compromiso ineludible de apoyo al desarrollo a través de la I+D+I.

En el Consejo Europeo de Lisboa de marzo de 2000, los Jefes de Estado y de Gobierno, avalaron incondicionalmente la creación de un Espacio Europeo de Investigación e innovación (EEI), estableciendo una serie de objetivos y un calendario de ejecución. El objetivo esencial del EEI es combatir la fragmentación del sistema europeo de I+D+I e intensificar el impacto de la investigación europea a través de un fortalecimiento de la coherencia de las actividades y políticas de investigación que se aplican en Europa. El EEI, pues, aporta un nuevo horizonte y marco a la actividad científica y tecnológica y a la política de I+D+I de nuestro país. El Plan Nacional de I+D+I ha de contribuir solidariamente a este objetivo y aprovechar este marco europeo de apoyo a la I+D+I para consolidar y potenciar nuestro Sistema de Ciencia-Tecnología-Empresa (C-T-E) haciéndolo más competitivo tanto en el espacio europeo como en el ámbito mundial.

El Programa Nacional de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología cumple el doble objetivo de, por una parte, favorecer la participación en programas y organismos internacionales, en particular los europeos, para "asegurar los adecuados retornos científicos, tecnológicos e industriales" (artículo 8.2.c de la Ley 13/1986); y por otra, aprovechar el contexto internacional para alcanzar mejor los objetivos científicos, tecnológicos, sectoriales y de interés público del Plan Nacional I+D+I.

La política científica y tecnológica española ha de estar, por lo tanto, basada en una concepción interdependiente y solidaria de la sociedad internacional y de las relaciones que en ella se desarrollan. El programa de cooperación internacional en ciencia y tecnología contribuye al empeño común de los países avanzados de generar y compartir conocimiento para entender mejor el mundo en que vivimos. Al mismo tiempo, el programa es el apoyo de la I+D+I a nuestras relaciones exteriores y, en particular, a nuestra política de cooperación al desarrollo y de cooperación económica y comercial. Es por ello por lo que la política científica y tecnológica se coordinará estrechamente con la política de cooperación al desarrollo buscando sinergias concretas entre el Plan Nacional de I+D+I y el Plan Director de Cooperación al Desarrollo que permitan incrementar el impacto de ambas políticas. En este ámbito destaca la cooperación con las áreas iberoamericana y mediterránea, por la especial relevancia cultural y geopolítica que tienen para España y por el papel relevante que España debe desempeñar para tender puentes entre los países de estas áreas y la UE. Asimismo, hay que destacar en este ámbito la necesidad de mecanismos de coordinación, impulso y seguimiento, con las Comunidades Autónomas y otros países implicados, con respecto a los criterios de ultraperifericidad en las acciones de desarrollo y planificación de los programas marco de I+D+I y el Espacio Europeo de Investigación e Innovación.

Todas estas consideraciones ponen, por otro lado, de manifiesto la necesidad de que el Ministerio de Ciencia y Tecnología disponga de medios especializados y presencia directa en el exterior para poder desempeñar con eficacia la competencia que la Constitución le otorga en materia de fomento y coordinación de la investigación científica y técnica.

2 Objetivos y estructura del programa

El objetivo general del programa es el de cimentar las bases y proveer los mecanismos que faciliten la cooperación en I+D+I con los países con los que España comparte intereses comunes.

De esta manera, el programa promueve la cooperación para fortalecer la dimensión internacional de la ciencia y la tecnología españolas, con especial referencia al Espacio Europeo de Investigación e Innovación (EEI). También contribuye, con el resto del PN, a reforzar la relación entre la política científica y tecnológica y la política exterior.

Los objetivos específicos del programa son los siguientes:

- fomentar la participación española en proyectos, programas y organismos internacionales;
- promover la movilidad del personal de I+D+I para la especialización y la realización conjunta de proyectos de I+D+I en el marco de acciones bilaterales o multilaterales con otros países;
- facilitar la formación en I+D+I de jóvenes investigadores y tecnólogos de países en desarrollo;
- promover redes internacionales de centros tecnológicos y parques científico-tecnológicos que apoyen la innovación de las empresas existentes en los sectores tradicionales de los países emergentes y la aparición de nuevas empresas de tecnología avanzada;
- reforzar la coordinación entre la política de ciencia y tecnología y la política exterior del Estado;
- mejorar la sinergia y la contribución del Plan Nacional a la política de cooperación al desarrollo;
- fomentar la investigación en temas de cooperación y desarrollo;
- propiciar la participación de empresas, en particular las nuevas empresas de base tecnológica, en programas, consorcios y proyectos internacionales de I+D+I;
- favorecer la cooperación científica y tecnológica con países de especial interés estratégico;
- incrementar la capacidad de comunicación y difusión de los avances de la investigación científica y tecnológica española en el resto del mundo para mejorar su visibilidad.

El Programa Nacional de Cooperación Internacional en Ciencia y Tecnología concentra sus actividades en áreas geográficas, organismos y programas, seleccionados por su interés estratégico para el Sistema de CTE. Por ello, es preciso identificar las prioridades por el destino de las acciones y las clases de actuación.

Prioridades geográficas

Se considera prioritario fortalecer la cooperación en I+D+I con los países desarrollados y emergentes, promoviendo una participación más activa en los principales foros multilaterales de ciencia y tecnología y las relaciones bilaterales con países de especial interés estratégico para nuestro país estableciendo las relaciones a largo plazo (p. ej.: Rusia y China).

Asimismo, se persigue aumentar el nivel y el impacto de la cooperación científica y tecnológica mejorando la utilidad de ésta para contribuir a la mejora del nivel de vida de los países en desarrollo.

En este sentido, la orientación geográfica de la política de cooperación internacional en ciencia y tecnología se centra en cuatro grandes grupos de países:

1. la Unión Europea, y en especial los países candidatos y
2. otros países desarrollados;
3. los países con economías emergentes; y
4. los países en desarrollo.

Estas áreas geográficas de actuación preferente vienen definidas en el siguiente orden de prelación:

- a) los países de mayor desarrollo científico y tecnológico, de los que podemos aprender y beneficiarnos: Europa y otros países avanzados (Estados Unidos de América, Canadá, Japón y otros);
- b) los países de Iberoamérica con economías emergentes (Brasil, Chile, Méjico y Argentina);
- c) los países iberoamericanos en desarrollo;

- d) los países de la cuenca mediterráneos incluidos en el denominado proceso de Barcelona, así como aquellos otros con los que España mantenga especiales vínculos de carácter histórico o cultural;
- e) los países emergentes del continente asiático (Malasia y Corea del Sur, entre otros).

Prioridades de actuación

El programa, a priori, no define prioridades temáticas generales, sino que éstas dependerán en cada momento de las actuaciones específicas y resultados que se persigan. No obstante, se debe tener en cuenta que el programa complementa y coordina las actuaciones internacionales específicas que se desarrollen en el marco de las áreas temáticas del Plan Nacional de I+D+I.

No obstante, se considerarán de especial interés la cooperación internacional en aquellos temas que:

- estén ligados a necesidades que, por su propia naturaleza, requieran una respuesta coordinada, como el cambio global, la oceanografía o el transporte, o aquellos temas que contribuyan al desarrollo económico y social de los países más necesitados, como los recursos hídricos, energías renovables o la salud;
- reflejen prioridades de I+D+I emergentes recogidas por programas de otros países, tales como la nanotecnología, determinados aspectos de la genómica o la complejidad de los sistemas naturales;
- requieran la utilización de costosas infraestructuras de investigación, como la astrofísica, la física de partículas o la fusión nuclear;
- promuevan la transferencia de tecnología a empresas innovadoras en los sectores tradicionales de los países emergentes y la aparición de nuevas empresas en sectores de tecnología avanzada;
- respondan a una integración de la industria, o a una necesidad de normalización como es el caso de las industrias y empresas de los sectores aeroespacial o microelectrónica, telecomunicaciones o software;
- potencien el desarrollo tecnológico y la innovación industrial a través de la cooperación;
- faciliten la cooperación y la actuación coordinada en el ámbito de la UE y de la Comunidad Internacional, como en el caso de la Cooperación Euro-mediterránea Norte-Sur.

El incremento de las relaciones bilaterales y multilaterales internacionales propuestas en el Plan Nacional debe apoyarse en una mayor presencia de consejeros de ciencia y tecnología en las principales embajadas, así como el fortalecimiento de la presencia española en los organismos internacionales de ciencia y tecnología.

4 Modalidades de participación

La participación podrá realizarse preferentemente a través de las siguientes modalidades:

- Acciones integradas para la cooperación bilateral: desarrollo de proyectos de I+D+I que involucren a entidades de investigación, empresas y centros tecnológicos de acuerdo a las prioridades que se definan.
- Acciones de estímulo a la cooperación internacional:
 - Apoyo a la participación en programas internacionales, organismos y otros acuerdos multilaterales.

- Acciones de promoción tecnológica para la potenciación de la presencia de la empresa española en otros países.
- Apoyo a la gestión en el Programa Marco de la UE.
- Acciones para promover la licitación de expresiones de interés españolas en el exterior.
- Acciones de formación de especialistas españoles en cooperación internacional en ciencia y tecnología (fundamentalmente dirigido a la gestión).
- Acciones de formación especializada de investigadores de países en desarrollo en centros de investigación españoles.
- Acciones para la difusión y divulgación de la I+D+I española en el mundo.
- Redes internacionales de centros y parques tecnológicos;
- Apoyo a la realización de proyectos de I+D+I con países en desarrollo en marcos multilaterales.
- Apoyo a la realización de proyectos de I+D+I en el marco de convenios bilaterales y multilaterales.
- Aportación a programas y organismos internacionales.

Programa Nacional de Potenciación de los recursos humanos

1 Justificación

La Unión Europea, en la cumbre de Jefes de Estado y Gobierno de Barcelona, cuantificó el objetivo político para las actividades de I+D en alcanzar un 3% del PIB gastado en actividades de investigación y desarrollo. La OCDE y la Comisión Europea han estimado que para alcanzar ese objetivo de inversión en I+D, en diversos escenarios de crecimiento económico, tendría como consecuencia, o mejor dicho supone, aumentar el número de investigadores en Europa en no menos de 1 millón hasta el año 2010, de los cuales una parte muy importante debe ocuparse en el sector empresarial.

Incluso en las hipótesis más conservadoras respecto a la reducción de la brecha científico-técnica entre España y la media de la UE, las consecuencias de mantener nuestra posición relativa significaría como mínimo duplicar el número actual de investigadores (en equivalentes de dedicación plena, o EDP): 80.000, y que 2/3 de ellos se empleen definitivamente en el sector empresarial. Que se necesitan más y mejor formados recursos humanos es pues una evidencia.

En todo caso la mejor justificación de la definición de un Programa Nacional de Recursos Humanos en I+D en España surge de la realización de un diagnóstico de la situación, en comparación con los países de nuestro entorno y de la conciencia de que las actuaciones en materia de recursos humanos exigen una perspectiva de largo plazo y de anticipación, dado el lento proceso de maduración de estas actuaciones y políticas.

Las actuaciones en materia de recursos humanos en I+D se mueven en tres niveles, que analíticamente es importante considerar. El primero se refiere a la producción u oferta de recursos humanos en I+D que es muy dependiente del funcionamiento del sistema educativo universitario y de la atracción relativa para implicarse en programas para la obtención de titulaciones del nivel de doctor. El segundo nivel se refiere a la formación investigadora propiamente dicha, al marco en el cual se consolida la dedicación a las actividades de I+D de licenciados e ingenieros. El tercer nivel se refiere a la demanda, a la evolución de la demanda de "investigadores", tanto en el sector público como en el sector privado.

En el lado de la oferta, en la producción de doctores por las universidades la evolución en los últimos 10 años ha sido muy positiva, aunque se están produciendo síntomas de agotamiento del ciclo. En los últimos 20 años España ha triplicado la producción de doctores por parte del sistema, pasándose de poco menos de 2.000 en 1982 a casi 6.000 en el año 2000.

Sin embargo, a pesar de la expansión extraordinaria de la producción de doctores los valores comparados con los países de nuestro entorno aún sitúan a España (0,36 por 1000 de población activa) claramente por detrás (un 35,7% menor) de la media europea en el porcentaje de nuevos doctores sobre la cohorte demográfica en las edades 25-34 (0,56 por 1000 de población activa). Así pues, incidir en

aumentar el esfuerzo en la producción de doctores es un elemento esencial de la política de recursos humanos de I+D. Tanto la definición de la carrera científica, como la promoción de la excelencia de la formación que proporciona la realización del doctorado universitario, deben aumentar la atracción de titulados universitarios a las actividades de investigación y desarrollo tecnológico.

En el lado de la formación en la investigación se ha observado un crecimiento exponencial de los marcos que permiten la formación en la investigación. La disposición de un número suficiente de "becas de formación en la investigación" o instrumentos asimilados es un aspecto central de la creación y mantenimiento de las capacidades investigadoras de los países. Las últimas estadísticas del INE, correspondientes a 2001, sitúan el número de becarios, esto es personal en formación en I+D, en unos 20.000 (EDP), lo que significa que el crecimiento de las tesis doctorales es el resultado de una política de apoyo a la dedicación exclusiva a la investigación como marco formativo. Un elemento esencial en esta segunda dimensión formativa es el desplazamiento del operador de la política; si en los años 70 y 80 el operador de la política de formación en la investigación era esencialmente el Estado, con el desarrollo de la financiación de proyectos la operación, selección y asignación de recursos, en la política de recursos humanos se ha desplazado a las instituciones y grupos de investigación.

Las actuaciones en materia de las estrategias de formación puede seguir diversos modelos: a) el modelo centralizado, con fuertes capacidades de decisión en la asignación de los recursos por parte de la AGE; b) o bien el modelo centralizado coordinado, delimitando las actuaciones con las CC.AA.; ó c) el modelo socialmente distribuido, donde las decisiones sobre la asignación y control están delegadas en las instituciones y grupos de investigación.

En el tercer nivel, en el lado de la demanda de investigadores por parte del sistema público y privado es donde se hace más urgente y necesaria la intervención. Las políticas que pretenden actuar sobre la demanda de investigadores representan la última fase en el desarrollo de las políticas de RR.HH.; sin embargo, en este momento, y a corto plazo, son aquellas que responden mejor a los problemas centrales del sistema de I+D+I, representado por la estabilización, consolidación y aumento de las oportunidades de empleo de los investigadores.

España padece de una cierta "insuficiencia" de efectivos de investigadores en comparación con los países de nuestro entorno. España cuenta con 4,4 investigadores por cada mil de población activa, frente a la media de la UE de 5,4, y lejos de Suecia o Finlandia que, respectivamente, superan los 9 y 13. El problema es extremadamente grave en el sector empresarial; mientras que en la UE, cinco de cada diez investigadores está empleado por empresas, en España solamente son tres de cada diez (es decir, un 40% menos). Por otro lado, el mercado de trabajo de los investigadores presenta serios problemas con relación a las carreras académicas y a las oportunidades de empleo estable incluso para doctores de demostrada calidad. Las causas son complejas, y se relacionan, además de con la escasa demanda empresarial con el lento crecimiento de la oferta de plazas en el sector público en los últimos diez años y, también, con el crecimiento de la producción de doctores.

En el frente de la política de demanda, en lo que hace al sector público, no puede quedar constreñida a los patrones generales de la Oferta Pública de Empleo, sino que necesita un tratamiento especial que prevea la emergencia de graves problemas, donde hasta ahora había éxitos en esta política. En sectores significativos del sistema, el considerable número de doctores contratados temporalmente, gracias a inversiones como los contratos Ramón y Cajal, no pueden ser estabilizados por los procedimientos ordinarios de la Oferta de Empleo Público. Por ejemplo, en el CSIC hay más de 500 doctores tipo Ramón y Cajal, y el número de plazas nuevas a concurso libre que se convocan anualmente ronda las 50.

Por último, aunque resultan de otras políticas no directamente incluidas en la de Recursos Humanos en I+D es necesario explicitarlo, pues son elementos condicionantes esenciales de las posibilidades de éxito de las actuaciones en materia de recursos humanos. El primer problema, clave en la "atracción" de la profesión de investigador de los mejores expedientes se deriva de los niveles retributivos, signifi-

cativamente más bajos que en los países, donde en presencia de un Espacio Europeo de Investigación e Innovación, pueden emigran nuestros mejores investigadores. El segundo problema se deriva en la duración del periodo preciso para lograr la estabilidad en el empleo. En esta línea, el Estatuto del becario de investigación ha sido aprobado el 24 octubre 2003 por el Consejo de Ministros y se desarrollará con el inicio del Plan Nacional. Un ejemplo de esa dificultad en lograr la estabilidad es el retraso de la edad de obtención de la condición de funcionario, incluso en condiciones demostradas de reconocimiento internacional de los méritos. Un análisis realizado para el CSIC señala que mientras en 1960 la edad media de acceso a la posición de científico titular era 28 años, a finales de los noventa era de 36. A ello se une el problema de la promoción interna; en 1960 se llegaba a la categoría de profesor de investigación (equivalente a catedrático de universidad) como media a los 33 años, y hoy a los 50.

2 Los Recursos Humanos en investigación en planes anteriores de I+D+I

Desde el primer Plan Nacional de I+D aprobado en España hasta el actual han existido diversas modalidades de participación que han permitido a los agentes ejecutores del Sistema español de CTE acceder a ayudas específicas para formarse, incorporarse o consolidar y estabilizar sus oportunidades de empleo en investigación. Así, el PN de I+D+I 2000-2003, considerando la importancia de este tema, decidió incluir dentro de las modalidades de participación algunas medidas concretas ligadas a los Recursos Humanos en investigación que se han ido poniendo en marcha en el transcurso de los diferentes programas de trabajo anuales y a través de diversas convocatorias, entre los que destacan los Programas Ramón y Cajal y Torres Quevedo.

Asimismo, en la elaboración de los programas operativos con fondos estructurales europeos para el periodo 2000-2006, dentro del eje 2 de sociedad del conocimiento, también se han identificado líneas de acción relativas a formación y estabilización mediante empleo de los recursos humanos en I+D, reconociendo la importancia de los mismos en el desarrollo regional. Ello ha permitido disponer de financiación adicional a las dotaciones de los presupuestos de investigación.

De la memoria de actividades de I+D+I del 2001 pueden observarse los esfuerzos centralizados de la AGE en la formación y contratación de recursos humanos y, también en los OPIS, una cuantificación del número de becas y actuaciones de formación que se han financiado directamente por las instituciones. Para estimar el conjunto del volumen de la política de recursos humanos, en la dimensión de formación, es preciso considerar la que se realiza de forma descentralizada, para lo cual se debería abordar una cuantificación del otorgamiento de becas de investigación que se ha llevado a cabo con cargo a los presupuestos de los proyectos de I+D y de Investigación técnica.

Además, es adecuado considerar que, en el ámbito de las actuaciones asociadas a los recursos humanos en I+D, todas las Comunidades Autónomas han desarrollado actuaciones propias, con las que es necesario coordinarse, estableciendo una división del trabajo en cuanto se refiere a las modalidades concretas de participación.

De cómo se han desarrollado hasta ahora las actuaciones en materia de recursos humanos hay que señalar que los objetivos a conseguir se ligaban a los de las convocatorias públicas pero no se disponía de una visión global de los objetivos que se perseguían con ello en el conjunto del PN.

En el proceso de elaboración del PN de I+D+I 2004-2007 también se ha considerado conveniente disponer de un apoyo específico para la política de recursos humanos pero, al contrario que en los casos anteriores, identificando un área horizontal concreta y gestionando las actuaciones de ésta a través del "Programa Nacional de Potenciación de los Recursos Humanos".

La existencia de un "programa nacional" y no un conjunto de medidas concretas como ha ocurrido en planes anteriores ha sido considerado conveniente porque implica la asignación de presupuestos concretos, así como la necesidad de determinar claramente las estructuras de gestión que permitan poner en marcha las convocatorias públicas o los convenios de actuación con las CCAA que se estime convenientes.

Debido a todo ello, en el proceso de elaboración del PN de I+D+I 2004-2007 se ha considerado necesario ejecutar las actuaciones del área horizontal mediante un programa nacional cuyos objetivos y contenidos se describen en el siguiente apartado.

3 Objetivos del Programa Nacional de Potenciación de Recursos Humanos

El presente Programa Nacional establece las bases y procedimientos para el establecimiento de un sistema de ayudas públicas que fomente el aumento de la oferta de investigadores y doctores en España, que ayude a la formación investigadora de los recursos humanos, así como que promueva la expansión de la demanda de investigadores, tanto en el sector público como privado, para el buen desarrollo de las actividades de I+D+I, en coordinación con los centros ejecutores de I+D+I públicos y privados y con la cooperación de las CCAA.

Estas actuaciones deben favorecer las relaciones entre el sector científico, mayoritariamente público, y el empresarial, intentando minimizar, en la medida de lo posible, el distanciamiento existente entre ambos colectivos. Uno de los objetivos perseguidos como resultado de las actuaciones en este programa nacional es el incremento de la cooperación pública y privada que permita utilizar el conocimiento científico en el tejido empresarial, especialmente en sectores estratégicos con posibilidades de rápido crecimiento. Se pretende, con ello, estimular el inicio de actividades de I+D de alto riesgo en el sector empresarial.

Los objetivos concretos que se desea cubrir en el programa nacional son los siguientes:

1. Garantizar, con los niveles adecuados de calidad y transparencia, la formación en investigación de los jóvenes, por el procedimiento de permitir su dedicación exclusiva a las actividades formativas en investigación, especialmente en las áreas definidas como prioritarias del Plan Nacional de I+D+I, mediante la realización de doctorados universitarios.

Con ello se desea fortalecer el sistema de formación de los investigadores, garantizando su mayor integración en las tareas formativas en el contexto efectivo de las actividades investigadoras.

2. Apoyar los procesos de movilidad tanto geográfica, como interinstitucional, entre el sector público y el sector privado, de los investigadores y jóvenes en procesos de formación, como mejor garantía de la difusión y distribución del conocimiento, así como de la transferencia de tecnología. Se considera que una parte sustancial de los mecanismos de mejora del sistema de I+D+I y de reequilibrio territorial en materia de I+D+I pueden desarrollarse por medio de estas actuaciones de fomento de la movilidad de los recursos humanos en ciencia y tecnología.

3. Favorecer la expansión de la demanda de doctores y tecnólogos por parte del Sistema español de CTE, tanto público como empresarial, como mecanismo base para el cumplimiento de los objetivos y mejora del impacto de la ciencia y la tecnología en la economía española.

Se trata de promover la reincorporación, estabilización e inserción profesional, por medio del fomento de medidas de contratación, de los doctores y tecnólogos, tanto en el sector público como en el sector privado.

La cobertura de estos objetivos puede verse favorecida por acuerdos específicos con las CC.AA. en las líneas establecidas en el documento de cooperación y coordinación de la AGE con las CC.AA. aprobado por el Consejo General de la Ciencia y la Tecnología en julio de 2003.

Asimismo, se pretende conseguir la máxima implicación de las entidades públicas y privadas, no solamente mediante determinados porcentajes de cofinanciación, sino también mediante la existencia de estrategias de recursos humanos propias, en el contexto de la planificación estratégica del desarrollo de sus capacidades.

4 Actuaciones previstas en el programa

Con objeto de satisfacer los objetivos anteriormente mencionados, el Programa Nacional de Recursos Humanos en Ciencia y Tecnología tiene previsto efectuar actuaciones en los siguientes ámbitos:

- Formación de investigadores por medio del otorgamiento de becas de especialización científica y técnica (FPI y FPU).
- Iniciativas de movilidad de los investigadores
- Apoyo a la contratación de doctores y tecnólogos por parte de las empresas, especialmente PYMES.
- Apoyo a la contratación de doctores y de personal técnico de apoyo en el sector público investigador.

Con el conjunto de actuaciones mencionado se logra extender el ámbito de actuación posible de un programa de recursos humanos en ciencia y tecnología, dejando al margen de la financiación de este programa las actuaciones que se han denominado como descentralizadas, que son las actuaciones de formación y contratación que llevan a cabo las instituciones y grupos de investigación con cargo a los fondos de las convocatorias de proyectos de I+D+I u otras. En estos casos, estas inversiones, que suponen un porcentaje importante del proyecto, van a ser empleadas por el grupo de investigación solicitante y la amortización de los mismos se produce en su mayor parte durante la ejecución del mismo.

Seguidamente, se describen las ideas generales de cada una de las actuaciones, sin entrar en los detalles propios de las convocatorias públicas asociadas, que formarán parte de los programas anuales de trabajo.

4.1 Formación de investigadores por medio del otorgamiento de becas de especialización científica y técnica

Garantizar el proceso formativo en investigación supone salvaguardar dos aspectos esenciales, por un lado la integración efectiva del joven en los procesos de investigación, lo que debe de hacer en el contexto institucional del grupo de investigación o de la institución, y además se debe garantizar su dedicación a tiempo completo a las tareas formativas.

El desarrollo de las actuaciones se realiza por medio de subvenciones a los individuos, a los grupos de investigación o a instituciones públicas y privadas donde se lleve a cabo la formación

4.2 Iniciativas de movilidad de los investigadores

Las acciones de movilidad de investigadores se refieren tanto a la movilidad geográfica que debe ser promovida en un país como España, como a la movilidad institucional, como la específica asociada a las relaciones entre el sector público y el privado.

En este epígrafe se incluyen todas las actuaciones de sabáticos, así como estancias en España de investigadores extranjeros y las actividades de movilidad de investigadores entre entidades y grandes Instalaciones, teniendo en cuenta el Espacio Europeo de Investigación e Innovación.

4.3 Apoyo a la contratación de doctores y tecnólogos por parte de las empresas, especialmente PYMES

La debilidad mayor del sistema español de innovación está en la investigación empresarial. A pesar de las ingentes cantidades de recursos públicos destinados a las subvenciones y anticipos reembolsables, éstas ayudas no han obtenido sus efectos en un aumento significativo de los recursos humanos investigadores en las empresas. Para estimular la demanda de las empresas y centros tecnológicos de personal de investigación, se continuará con la labor realizada a través del programa Torres Quevedo.

En el Plan Nacional de I+D+I, todas las políticas de apoyo a las empresas deberán cuantificar la creación de nuevos puestos de trabajo de investigadores, y a la vez los modos de intervención deben fomentar la estabilidad en el empleo de los investigadores y tecnólogos en el sector privado.

4.4 Apoyo a la contratación de doctores y personal técnico de apoyo en el sector público investigador

Por último, el programa nacional continuará con la esencial tarea iniciada con el Programa Ramón y Cajal, para estabilizar e insertar profesionalmente a los jóvenes investigadores y abrir unas expectativas claras en la carrera investigadora.

Influenciar la política de contratación, con definición de las áreas prioritarias que corresponden al Plan Nacional, es un elemento irrenunciable para la elevación de la calidad, el reforzamiento de la orientación estratégica de las instituciones de investigación y a la vez reforzar la cooperación con las CCAA.

5 Relación con otros programas nacionales

Dado el carácter horizontal del programa de potenciación de recursos humanos, sus actuaciones tienen relación con todos los programas nacionales de las áreas temáticas. La relación será distinta con unos programas u otros, según que las distintas modalidades de potenciación de recursos humanos (formación de investigadores, su estabilización y movilidad) sean utilizadas con unas frecuencias u otras, según las siguientes características de los programas relacionados, identificados por la comisión de seguimiento de cada programa nacional, según los objetivos del mismo y:

- el grado de interacción de las entidades públicas con las entidades privadas en las líneas prioritarias o preferentes del programa,
- la interacción del programa nacional determinado con la utilización de grandes instalaciones,
- la interacción del programa nacional determinado con la cooperación internacional,
- el grado de confluencia y complementariedad de intereses que cada uno de los programas nacionales del PN muestren con las políticas de potenciación de recursos humanos para las entidades privadas y públicas de las CCAA., interesadas en la cooperación en la potenciación de recursos humanos de I+D+I.

Programa Nacional de Apoyo a la competitividad empresarial

1 Justificación

La Innovación Tecnológica ha sufrido en los últimos años un importante proceso de aceleración a nivel mundial, con un incremento de la demanda de productos y procesos novedosos por parte de los consumidores y los mercados. Sin embargo, existen importantes desigualdades entre los países y los bloques económicos a la hora de aprovechar los resultados obtenidos de la I+D+I.

En línea con el resto de países europeos, el sistema español de ciencia- tecnología- empresa se caracteriza por el bajo nivel de aplicación práctica de los resultados obtenidos de la investigación. Este hecho, conocido como la paradoja europea, nos obliga a realizar un esfuerzo añadido para integrar a todos los agentes de este sistema en la cultura de la innovación tecnológica y aprovechar así los resultados de la investigación básica y la aplicada.

El fenómeno de la globalización, el desarrollo de Internet y la gestión del conocimiento hacen imprescindibles que la empresa de hoy sepa responder a las transformaciones del entorno cambiante a través de la actualización de su sistema de gestión de la innovación. Pero, para que el país responda a la creciente competitividad del entorno, es vital aumentar la capacidad tecnológica del tejido empresarial en su conjunto.

Considerando la Innovación Tecnológica como un factor de especial trascendencia para la competitividad de la economía española, es preciso adecuar la investigación que se realiza en los Centros Tecnológicos, en el ámbito universitario y en los organismos públicos de investigación, a las necesidades reales que demanda el mundo empresarial, de cara a rentabilizar la inversión en I+D+I.

Por otra parte, es necesario realizar un esfuerzo para conseguir el aumento en la ejecución del gasto de I+D por el sector privado, que, en consonancia con los objetivos establecidos en la pasada Cumbre de Barcelona, deberá aproximarse lo más posible en 2010 a los 2/3 del gasto total en I+D+I.

El Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2000-2003) ha supuesto un considerable esfuerzo por parte del Gobierno para fomentar la I+D+I en España en su intento de conseguir la convergencia con la media europea. Sin embargo, tanto el mencionado Plan como los incentivos fiscales a la innovación planteados, no parecen haber cubierto las expectativas levantadas inicialmente, por lo que es adecuado realizar una reflexión sobre las causas y un replanteamiento de las líneas de actuación y de los instrumentos.

El mundo empresarial es consciente de la importancia que la Innovación Tecnológica tiene sobre la productividad y la competitividad de las empresas y, en general, sobre la economía española y el bienestar social, y por ello ambiciona que los resultados obtenidos en las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico financiadas en el Plan Nacional sean transferibles de manera eficaz al entorno productivo, incrementando la cultura de la Innovación en el seno de la empresa.

Dada la importancia de estas actividades en la competitividad de las empresas, el riesgo financiero y empresarial que comportan y la necesidad de dar un salto cuantitativo y cualitativo en nuestra cultura tecnológica, este Plan Nacional de I+D+I (2004-2007) se perfila como el marco necesario para incentivar la competitividad empresarial, constituyendo un verdadero instrumento de política de Estado.

Como parte de las medidas adoptadas dentro del proceso de elaboración de este Plan Nacional, con el objeto de subsanar las dificultades ya mencionadas en la aplicación de los incentivos fiscales, el Gobierno ha realizado una importante labor de coordinación entre los Ministerios de Ciencia y Tecnología, Hacienda y Economía para que, en el marco de la Ley de la Sociedad Limitada Nueva Empresa, se establezca un sistema de certificaciones, manteniendo la necesaria reserva y confidencialidad de los datos objeto de estudio que, con carácter vinculante para la Administración Tributaria, califiquen las actividades empresariales emprendidas como de Investigación y Desarrollo o como de Innovación Tecnológica y, por ende, corroboren si son susceptibles de aplicación los incentivos fiscales previstos para estas acciones.

Otro de los condicionantes con los que se encuentran las empresas a la hora de utilizar la financiación pública para realizar actividades de I+D+I, es la obligatoriedad de presentar avales para la obtención de anticipos reembolsables. Las Pymes españolas se encuentran con serias dificultades para encontrar una entidad que avale sus proyectos. Para solucionarlo, en este PN la necesidad de presentar avales se contempla, exclusivamente, para los proyectos de elevado riesgo.

Asimismo, el PN I+D+I, dando continuidad a las actuaciones ya puestas en marcha en planes anteriores incentivará y apoyará la participación de las empresas españolas en los programas multinacionales y en los europeos, básicamente en el VI Programa Marco Comunitario de I+D así como apoyará las actividades realizadas por los Centros Tecnológicos.

2 Objetivos

El objetivo de esta área horizontal es fortalecer el sistema de innovación mediante la financiación de acciones que sirvan de incentivo al colectivo empresarial para el inicio de nuevas actividades en I+D+I. Ello requiere la acción directa de los poderes públicos, que deben generar las condiciones favorables para que se produzca un cambio de actitud en el colectivo privado, de tal manera que sea capaz de calibrar, en su verdadera dimensión, la importancia e incidencia que tiene la innovación en el progreso y la competitividad.

Partiendo de la premisa de que es fundamental que las empresas investiguen e innoven, y que ello depende, en gran medida, de la cantidad y calidad de los investigadores y tecnólogos que trabajen en las mismas, el Plan Nacional pretende consolidar un sistema de beneficios fiscales a la inversión en I+D+I que consiga movilizar el capital privado y anime a emprender nuevas iniciativas inversoras.

El Plan Nacional de I+D+I ha de convertirse en el elemento dinamizador para que la cultura de la innovación se instaure en nuestro tejido productivo. Por ello tiene por objetivo fomentar el crecimiento de nuestras empresas a través de la innovación y el desarrollo tecnológico, con el fin de que nuestras empresas sean capaces de producir bienes y servicios competitivos, de excelente calidad, con seguridad y atendiendo el respeto por el medio ambiente.

Para ello es fundamental la cooperación entre especialistas en diferentes campos, tanto a nivel nacional como internacional, lo que es clave para ser competitivos porque permite eliminar los problemas que se derivan de la variedad y amplitud de las tecnologías requeridas por la innovación, compartir costes y conocimientos y desarrollar mejores productos.

Es preciso que nuestras empresas sean innovadoras, no sólo en tecnología, también en todos los elementos de su cadena de valor que puedan generar ventajas competitivas, como la gestión del capital humano, la cooperación con sus clientes, la estrategia de comercialización o la búsqueda de nuevas aplicaciones a sus productos. También es básico que nuestras empresas inviertan en activos intangibles, que apuesten por las patentes, por la propiedad industrial y por su marca.

En esta línea es asimismo muy importante que nuestras empresas utilicen las TIC's para aprovechar las oportunidades que les brinda el comercio electrónico, reducir sus costes, ser capaces de conocer de forma instantánea las demandas de los mercados y responder rápidamente a éstas, generar sinergias con sus clientes y proveedores, y ofrecer formación adecuada a sus trabajadores.

El Programa de Apoyo a la Competitividad Empresarial ha de fomentar la conexión entre el mundo de la I+D+I y las empresas, con objeto de conseguir que las ideas lleguen a nacer como proyecto empresarial y dar a conocer su verdadero potencial como negocio.

Este ámbito debe contar con la financiación necesaria, debido a las características especiales de estos proyectos, la suma del riesgo tecnológico a la condición de pequeña empresa, las dificultades para conseguir avales, el elevado coste que tiene iniciar estas actividades y desarrollar de forma segura la propiedad industrial que suelen generar, impiden su acceso a las fuentes financieras tradicionales y exigen la creación de unos instrumentos específicamente diseñados para ellos.

La intensidad con la que cada uno de estos obstáculos se presenta en cada una de las etapas por las que pasan estos proyectos es diferente. Por eso, el Plan Nacional contempla herramientas de apoyo para los emprendedores adecuadas a cada fase.

Es necesario desde un primer momento, desde que se concibe la idea inicial, hasta que se va a producir la creación propiamente dicha de la empresa, asesorar a los emprendedores, para permitirles conocer la viabilidad económica del proyecto y formarles en esa cultura empresarial básica que necesitan para gestionar su propio negocio.

Una vez puesta en marcha la idea, evaluada su viabilidad, la empresa necesita un elemento clave: financiación. Financiación adaptada a sus necesidades, con prestamos a interés cero, sin necesidad de avales y cuya devolución esté sujeta únicamente a la consecución de cash-flow positivo.

Pero además de este tipo de financiación, conocida como capital-semilla, es menester poner nuevas fuentes financieras a disposición de estas empresas para cuando hayan pasado esa fase de creación. Se apoyará el capital riesgo incentivando la participación de las entidades especializadas en esta actividad mediante la concesión de créditos también a interés cero. De esta manera se alcanzará un doble objetivo: ofrecer a las empresas de base tecnológica una financiación adecuada a sus necesidades y fomentar la participación, hasta ahora escasa, de nuestro sistema financiero en una modalidad básica para el crecimiento de nuestra riqueza, el capital riesgo.

3 Actuaciones

En este apartado se incluyen todas aquellas actuaciones que tienen como objetivo la mejora de la capacidad de innovación tecnológica de las empresas y, en consecuencia, de su competitividad. En esta área se han considerado, con el objetivo de contribuir a la mejora de la competitividad empresarial, las siguientes actuaciones:

- Creación y fomento de nuevas empresas de base tecnológica, que incluirán actuaciones de capital riesgo.

- Apoyo a la creación y funcionamiento de unidades de interfaz, que deberán contemplar ayudas para la incorporación de recursos humanos cualificados.
- Apoyo a la homologación y certificación de las empresas.
- Apoyo a la gestión y realización de patentes.
- Apoyo a la creación de unidades de I+D en el sistema privado.
- Apoyo a la creación de la cultura de la innovación.

Creación y fomento de nuevas empresas de base tecnológica

Las nuevas empresas de base tecnológica pueden surgir tanto de la iniciativa de emprendedores como de otras empresas, de investigadores del sistema público de I+D y Centros Tecnológicos, o de las mismas unidades de interfaz.

Se apoyará el proceso de evolución desde la idea empresarial hasta que esta idea se convierte en una compañía viable. El proceso se estructurará en tres fases:

- idea innovadora, para la formación de los emprendedores;
- creación de la empresa, para ayudar al inicio de actividades empresariales y
- actuaciones de capital riesgo, para la capitalización de empresas de base tecnológica (a través de préstamos participativos).

La Creación y fomento de nuevas empresas de base tecnológica se realizará desarrollando un sistema de financiación que debe estar coordinado y segmentado en función de la etapa de la empresa. Adicionalmente, estas actuaciones se complementan con el establecimiento de una red de agentes promotores de propuestas y fondos que sean susceptibles de enmarcarse dentro de estas actuaciones, para su coordinación tanto a nivel nacional como regional.

Apoyo a la creación y funcionamiento de unidades de interfaz.

Las unidades de interfaz deben fomentar la relación y transferencia de conocimientos entre los distintos agentes del Sistema de CTE, por lo que -en función de su actividad, ámbito de actuación y competencia- debe apoyarse de forma sostenida a este tipo de unidades. En esta línea es especialmente importante la concertación de actuaciones con las Comunidades Autónomas, considerando que la actividad de estas unidades de interfaz tiene una fuerte vertiente territorial. Estas medidas pueden ir orientadas, también, a otros agentes ejecutores que incorporen funciones estables de interfaz.

Con carácter general se desarrollarán las siguientes actuaciones cuya financiación se registrará por la idea de cumplimiento de objetivos:

- a) Ayudas a planes de actuación y desarrollo de nuevos servicios en la gestión de la innovación y transferencia de tecnología, que podrán cubrir los siguientes tipos de actividades:
 - Actuaciones de carácter horizontal que potencien la actividad de las unidades de interfaz, orientando de forma estratégica su desarrollo, especialización y adaptabilidad a la gestión de nuevos mecanismos de relación y transferencia de tecnología
 - Actuaciones que se realicen de forma coordinada, potenciando el papel de las redes como vía para el desarrollo de nuevos servicios de interés en los procesos de gestión de la innovación que difícilmente podrían plantearse en un contexto más restrictivo, al tiempo que se favorece la generalización de "buenas prácticas" en estas unidades.
 - Líneas de actuación complementaria que permitan aprovechar oportunidades no planificadas, promoviendo la realización de actuaciones modelizadoras y de "buenas prácticas" en los procesos de gestión y transferencia de tecnología.

- b) Ayudas a la incorporación y formación de recursos humanos en unidades de interfaz. Se apoyará la contratación de personal técnico para el desarrollo de nuevas capacidades y servicios en las unidades de interfaz, así como, en su caso y de ser necesario, la creación de nuevas unidades.

Apoyo a la homologación y certificación de las empresas.

En esta línea se trata de ofrecer un apoyo concreto a los procesos de certificación y/o capacitación tecnológica para el acceso de las empresas a contratos de Organismos y Consorcios nacionales e internacionales, cuyos procesos de homologación así lo exijan.

Apoyo a la gestión y realización de patentes.

Dado el bajo índice de patentes españolas en los registros nacionales e internacionales, se pretende invertir esta tendencia, ofreciendo ayudas concretas para el proceso de obtención de patentes y protección de la propiedad intelectual y del patrimonio tecnológico, tanto en empresas como en centros tecnológicos y CPIs. Se atenderá únicamente a los gastos de establecimiento de las patentes y las extensiones internacionales, excluyéndose los de mantenimiento de registros, tanto a nivel nacional como internacional. En este apartado se engloban también las actuaciones de apoyo a empresas y centros para la protección y la difusión de su oferta tecnológica, su presencia en ferias y la elaboración de las patentes asociadas.

Apoyo a la creación de unidades de I+D+I en las empresas.

- a) Potenciación de los departamentos de I+D+I en las empresas. Incorporación de medios materiales e infraestructuras en las empresas, al objeto de mejorar los departamentos de I+D+I existentes, así como crear las condiciones adecuadas para que las actividades de I+D+I empresarial se conviertan en parte de la estrategia de la empresa, facilitando la radicación en España de centros de I+D de empresas de otros países.
- b) Apoyo a la creación de centros mixtos de I+D+I entre empresas y agentes científico-tecnológicos. Al objeto de potenciar la interrelación entre las empresas, por una parte, y los CPIs y centros tecnológicos por otra, se apoyará la creación de centros mixtos de I+D+I. Se tratará de que estos centros mixtos, que podrán ser tanto virtuales como físicos, dispongan de una cartera de proyectos de I+D+I que se desarrollarán conjuntamente entre equipos pertenecientes a todas las entidades involucradas en el centro.

Apoyo a la cultura de la innovación en las empresas.

Se tratará de promover estudios, análisis y grupos de trabajo que aceleren el despliegue de la cultura de la innovación en España. Estas actuaciones se canalizarán a través de acciones complementarias.

Programa Nacional de Equipamiento e infraestructura de investigación científica y tecnológica

1 Justificación

El desarrollo de las actividades de I+D+I en todas las áreas científicas y tecnológicas se realiza en un entorno globalizado altamente competitivo en el que esta competencia se dirime con grupos de investigación y empresas de todo el mundo.

Conseguir un nivel de competitividad elevado no sólo reside en disponer de los más capacitados recursos humanos para la actividad en cuestión (y saber elegir ésta), sino también que los investigadores y demás personal de I+D de las entidades ejecutoras desarrollen su labor con los medios materiales más adecuados.

En la disponibilidad de estos medios estriba no sólo la mejora o mantenimiento en el tiempo de la calidad de la actividad investigadora, o el tiempo o el coste de ejecución de la misma, sino que, en muchos casos, depende de ello la propia posibilidad de realizarlas.

Debido a esta condición intrínseca de la actividad de I+D+I, la importancia y la necesidad de disponer de equipamientos científicos o tecnológicos sofisticados o disponer de infraestructuras de investigación adecuadas para realizar las actividades de I+D+I está fuera de toda duda. Su disponibilidad para los grupos de investigación o las empresas más competentes en el momento adecuado, al mismo tiempo que estos medios sean también accesibles a los competidores reales o potenciales, constituyen un elemento fundamental para asegurar la competitividad de los grupos de investigación y de las entidades de investigación públicas y privadas en su conjunto. Esta disponibilidad de medios materiales debe ir pareja a la de los recursos humanos dedicados a la operación, mantenimiento y apoyo a los usuarios que permitan optimizar su utilización con la máxima eficiencia.

Desde el punto de vista de los gestores de las actuaciones de I+D+I es cada vez más frecuente encontrar en los programas de financiación de estas actividades que la disponibilidad previa de un equipamiento sofisticado se convierte en una necesidad establecida a priori para poder acceder a la financiación que las diferentes administraciones otorgan para promover actividades de I+D o innovación tecnológica. El acceso, por tanto, a la realización de proyectos de I+D en concurrencia competitiva con otros centros nacionales o internacionales depende de que los grupos o entidades solicitantes dispongan de un equipamiento que suponga un "valor añadido" en su participación frente a otros potenciales participantes.

Como consecuencia del reconocimiento de su importancia, todos los países desarrollados dedican sumas crecientes de recursos económicos a dotar de equipamientos adecuados a sus grupos de investigación y empresas mediante diversas fórmulas de financiación, (mecanismos competitivos, convenios,

etc.) así como a desarrollar las medidas complementarias necesarias para asegurar que el uso de estos equipos sea óptimo durante toda su vida útil.

Adicionalmente, la creciente complejidad de la actividad de investigación no sólo requiere disponer de los equipos necesarios sino que éstos se enmarquen en estructuras de apoyo en las que diversos tipos de equipos se pueden complementar compartiendo recursos comunes y se disponga de sistemas para facilitar el uso de los mismos por usuarios externos.

En último término se requiere disponer de edificios adaptados a esta actividad (laboratorios, plantas de ensayo y demostración, etc.) y su posible gestión unificada en una zona geográfica cercana a las fuentes de conocimiento con objeto de conseguir la máxima sinergia. Este idea ha derivado en la existencia de parques tecnológicos y, últimamente, parques científicos buscando el máximo atractivo para la radicación de empresas y centros de investigación. A este conjunto más amplio se le denominará "infraestructuras de investigación".

Su importancia ha quedado también reflejada en uno de los objetivos del Espacio Europeo de Investigación en el que se menciona que *"las infraestructuras de investigación juegan un papel central en el progreso y aplicación de conocimientos en Europa"*. Concretamente, el Programa Marco de I+D de la UE ha incorporado un eje de actuación para facilitar el acceso de usuarios a grandes o singulares instalaciones científicas, a mejorar la coordinación entre ellas y a cubrir el desarrollo de estudios de viabilidad sobre nuevas infraestructuras.

En el caso español, tanto los programas nacionales de I+D aprobados en España desde la Ley de la Ciencia como las iniciativas que han puesto en marcha las Comunidades Autónomas han apoyado expresamente el desarrollo de las áreas prioritarias con financiación expresa a los equipamientos científicos y tecnológicos y a las infraestructuras de investigación. Debe también recordarse que España ha dedicado cuantiosos recursos procedentes de los fondos estructurales a financiar estas infraestructuras como fórmula necesaria para acelerar el desarrollo regional y favorecer la competitividad de las regiones más deprimidas.

El Plan Nacional de I+D+I también recoge una apuesta decidida por el aumento de recursos humanos dedicados a la investigación, actuación necesaria para afrontar el objetivo adoptado por la Comisión Europea de llegar en el año 2010 a un 3% del PIB en gastos de I+D+I. Para afrontar este reto se necesitará un aumento de la infraestructura de investigación tanto pública como privada.

La efectividad de estas actuaciones requiere, sin embargo que estas medidas se sumen a otras para incrementar la capacidad de un determinado sector o área prioritaria. Así, las decisiones que se tomen sobre financiación de recursos humanos o ejecución de proyectos de I+D o la cooperación internacional deben coordinarse con los mencionados anteriormente.

Por consiguiente, el apoyo a equipamientos aislados o a la creación de infraestructuras de investigación son actuaciones necesarias para fortalecer los sistemas de Ciencia-Tecnología-Empresa y el Plan Nacional de I+D+I 2004-2007 ha decidido incorporar formalmente en su estructura y modalidades de participación estas actuaciones en estrecha relación con otras áreas horizontales.

2 Las infraestructuras de investigación en el PN de I+D+I

2.1 Experiencia obtenida de planes anteriores de I+D+I

Desde el primer Plan Nacional de I+D aprobado en España hasta el actual han existido diversas modalidades de participación que han permitido a los agentes ejecutores del Sistema español de C-T-E acceder a ayudas específicas para dotarse de las infraestructuras de investigación más adecuadas. Así, el PN de I+D+I 2000-2003, considerando la importancia de este tema, decidió incluir dentro de las moda-

lidades de participación algunas medidas concretas ligadas a infraestructuras de investigación que se han ido poniendo en marcha en el transcurso de los diferentes programas de trabajo anuales.

Asimismo, en la elaboración de los programas operativos con fondos estructurales (FEDER) para el periodo 2000-2006, dentro del eje 2 de sociedad del conocimiento, también se han identificado líneas de acción relativas a equipamientos de investigación reconociendo la importancia de los mismos en el desarrollo regional. Ello ha permitido disponer de financiación adicional a las dotaciones de los presupuestos de investigación.

Como referencia del esfuerzo económico asociado a la financiación de equipamientos, y tomando como base la memoria de la CICYT el año 2001, en el periodo 2000-2002 se han dedicado por parte del MCYT 80.353 Mptas, unos 700 Mptas adicionales del INIA y por parte del Ministerio de Sanidad y Consumo 697,3 Mptas (año 2001).

Esta necesidad de equipamiento e infraestructuras de diverso tipo ha podido cubrirse razonablemente en el pasado mediante un conjunto de acciones ligadas a convocatorias públicas que eran gestionadas por diversas unidades gestoras del PN en la Administración General del Estado (AGE), o a actuaciones ligadas a convenios con Comunidades Autónomas (CCAA) u otras entidades públicas y privadas, apoyadas todas ellas por diversas acciones especiales, sin que existiera un "programa nacional" específicamente destinado a ello.

De esta manera, se han programado (anualmente o cada dos años) convocatorias públicas en concurrencia competitiva para dotar a las entidades de investigación españolas (universidades, OPIs, centros tecnológicos, etc.) de equipamiento científico cuando el coste de éste superaba el considerado razonable financiar dentro de un proyecto de I+D, o cuando su estructura de gestión no era posible dentro de un grupo de investigación. Asimismo, dentro del apoyo horizontal a los centros tecnológicos o en los proyectos empresariales se ha financiado extensamente la adquisición de equipos que mejorasen las capacidades de actuación en todas las áreas prioritarias.

Por otro lado, era evidente que el uso de estos equipos superaban en muchos casos el que podría tener en un proyecto de investigación dado que sus plazos de amortización eran superiores y, por tanto, el equipamiento seguía siendo útil a la finalización del proyecto. Asimismo, su uso podía ser compartido por más de un único grupo de investigación (posibilidad de uso concurrente por varios grupos en el ámbito nacional o regional), fomentándose expresamente el factor catalizador que estos equipamientos podrían tener en una determinada institución o en un ámbito regional o nacional.

Obviamente, en función del coste y del uso que estos equipos tienen, las medidas puestas en marcha han ido enfocadas a financiar desde pequeños equipos hasta grandes instalaciones científicas. De todas formas, los objetivos a conseguir se ligaban a los de las convocatorias públicas pero no se disponía de una visión global de los objetivos que se perseguían con ello en el conjunto del PN.

En el proceso de elaboración del PN de I+D+I 2004-2007 también se ha considerado conveniente disponer de un apoyo específico para las infraestructuras de investigación pero, al contrario que en los casos anteriores, identificando un *área horizontal* concreta y gestionando las actuaciones de ésta a través de un "programa nacional de equipamiento e infraestructura de investigación científica y tecnológica".

El concepto de "equipamiento e infraestructura de investigación" al que hace referencia el título del presente programa nacional, incluye teóricamente todos aquellos equipamientos especializados para las actividades de I+D o infraestructuras físicas de soporte que son necesarios para la realización de las actividades de I+D e innovación tecnológica consideradas prioritarias en el PN de I+D+I 2004-2007.

Este término no se limita a los artefactos físicos y las dependencias técnicas que los albergan, sino que también deben entenderse incluidas aquellas colecciones científicas, bibliotecas o mediatecas, digitalizadas o no, que se han convertido en elementos imprescindibles en determinadas áreas científicas y tecnológicas para asegurar una investigación de calidad.

La existencia de un "programa nacional" y no un conjunto de medidas concretas como ha ocurrido en planes anteriores ha sido considerado conveniente porque implica la asignación de presupuestos concretos, así como la necesidad de determinar claramente las estructuras de gestión que permitan poner en marcha las convocatorias públicas o los convenios de actuación con las CCAA que se estime convenientes.

Debido a todo ello, en el proceso de elaboración del PN de I+D+I 2004-2007 se ha considerado necesario ejecutar las actuaciones del área horizontal mediante un programa nacional cuyos objetivos y contenidos se describen en el siguiente apartado.

2.2 Objetivos del Programa Nacional

El presente Programa Nacional, pretende poner en marcha un sistema de ayudas que fomente la creación de nuevos centros e instalaciones científicas y tecnológicas, ayude al mantenimiento y valorización de los ya existentes, y facilite la disponibilidad y renovación de equipamiento científico-tecnológico para el buen desarrollo de las actividades de I+D+I, en coordinación con los centros ejecutores de I+D+I públicos y privados y con la cooperación de las CCAA

Estas actuaciones deben favorecer las relaciones entre el sector científico, mayoritariamente público, y el empresarial, intentando minimizar, en la medida de lo posible, el distanciamiento existente entre ambos colectivos. Asimismo, se fomentará la adquisición de equipamiento por parte de los centros tecnológicos con objeto de que puedan servir de apoyo a los procesos de innovación en las pequeñas y medianas empresas (PYMEs).

Uno de los objetivos perseguidos como resultado de las actuaciones en este programa nacional es el incremento de la cooperación pública y privada que permita utilizar el conocimiento científico en el tejido empresarial, especialmente en sectores estratégicos con posibilidades de rápido crecimiento a través de la utilización conjunta de equipamientos sofisticados de difícil adquisición por empresas al no ser estrictamente necesario para sus actuaciones a corto plazo. Se pretende con ello estimular el inicio de actividades de I+D de alto riesgo en el sector empresarial.

Los objetivos concretos que se desea cubrir en el programa nacional son los siguientes:

1. Asegurar la disponibilidad por parte de los agentes ejecutores del sistema español de C-T-E de los equipamientos científicos y tecnológicos que permitan la realización de las líneas prioritarias identificadas en todas las áreas prioritarias del PN.

A tal fin, este programa deberá estar en estrecho contacto con las actuaciones financiadas en los programas nacionales de todas las áreas prioritarias con el fin de priorizar la adquisición de los equipos solicitados en estrecha relación con los proyectos de I+D seleccionados.

2. Asegurar la adecuada renovación y actualización de los equipos disponibles (independientemente de que su adquisición se haya realizado por el PN o por otras fuentes de financiación como el Programa Marco de I+D de la UE o por programas regionales) aceptando que el grado de obsolescencia de los mismos es un factor que puede poner en peligro la necesaria competitividad de los grupos de investigación españoles.

Con ello se desea evitar el conocido problema de que las inversiones realizadas en un determinado periodo pierdan su valor poco después, perdiéndose el factor de competitividad pretendido con su adquisición.

3. Apoyar el mantenimiento y operación de los equipamientos disponibles con el fin de optimizar su uso para diferentes usuarios. Se incluye en este concepto los recursos adicionales para facilitar la existencia de contratos de mantenimiento, su mantenimiento remoto, y la disponibilidad del personal técnico requerido para la operación.

Este objetivo se desarrollará conjuntamente con el Programa Nacional de Recursos Humanos priorizando la formación de personal técnico en aquellas instalaciones cuya adquisición se haya financiado por el presente programa nacional.

4. Favorecer las actuaciones que permitan incrementar el uso de los equipos entre diferentes tipos de usuarios, facilitando, asimismo, el uso de los equipos existentes en el sistema público por parte de entidades privadas.

Se prestará especial atención a usuarios alejados del equipamiento financiado, nacional o internacional. Con ello se desea maximizar las inversiones realizadas y contribuir a la coordinación entre el sistema público y el privado en el marco del Espacio Europeo de Investigación.

5. Dotar a las grandes instalaciones científicas españolas de los recursos adecuados para su uso en el contexto internacional favoreciendo el acceso a las convocatorias de apoyo establecidas en el PM.

Este objetivo está en relación con el esfuerzo general de internacionalización de la ciencia y la tecnología española propuesto para el PN 2004-2007.

6. Apoyar la creación de infraestructuras de investigación estables en las que se pueda fomentar la cooperación entre entidades públicas y privadas en el desarrollo de actividades de I+D a largo plazo que requieran el uso de laboratorios o instalaciones especializadas.

Específicamente, se pretende continuar el proceso de apoyo a los parques tecnológicos y a los parques científicos estableciendo criterios claros que permitan asegurar y evaluar el correcto uso de las instalaciones.

7. Fomentar el diseño de instrumentación científica avanzada por parte de los grupos de investigación públicos, centros tecnológicos o empresas de alta tecnología españolas.

Con ello se pretende facilitar la participación española en grandes o medianas instalaciones científicas en España o en otros países mediante la aportación de componentes especializados.

La cobertura de estos objetivos puede verse favorecida por acuerdos específicos con las CCAA en las líneas establecidas en el documento de cooperación y coordinación de la AGE con las CCAA aprobado por el Consejo General de la Ciencia y la Tecnología en julio de 2003.

Asimismo, se pretende conseguir la máxima implicación de las entidades públicas y privadas exigiéndose no solo determinados porcentajes de cofinanciación, sino también la existencia de planes de gestión de los equipos o infraestructuras financiadas.

3 Actuaciones previstas en el programa nacional

Con objeto de satisfacer los objetivos anteriormente mencionados, el Programa Nacional de Equipamiento e Infraestructura Científica y Tecnológica tiene previsto efectuar actuaciones en los siguientes ámbitos:

- Adquisición de equipamiento científico-técnico institucional
- Creación o modernización de centros de competencia
- Apoyo a la creación y valorización de parques científicos y tecnológicos
- Construcción y operación de Grandes Instalaciones Científicas (GIC)
- Diseño y construcción de instrumentación científica avanzada

Con el conjunto de actuaciones mencionado se logra cubrir todo el ámbito de actuación posible de un programa de equipamiento e infraestructura científica y tecnológica, dejando al margen de la finan-

ciación de este programa el pequeño equipamiento científico que deberá financiarse en las convocatorias de proyectos de I+D+I. En estos casos, estas inversiones inventariables que típicamente suponen un porcentaje inferior al 50% del proyecto, van a ser empleadas por el grupo de investigación solicitante y la amortización de los mismos se produce en su mayor parte durante la ejecución del mismo.

Con la idea de cubrir todo el ámbito posible de actuación, se han identificado entidades solicitantes posibles (grupo de investigación o empresa, entidades públicas o privadas de I+D, un conjunto de instituciones o una entidad *ad hoc*), así como varias modalidades de participación (pequeño equipamiento, equipamiento departamental, centros de I+D o parques científicos y tecnológicos y grandes instalaciones científicas).

Asimismo, se han identificado diversas fórmulas de actuación: convocatorias públicas en concurrencia competitiva, convenios entre la AGE y otras CCAA o consorcios entre entidades públicas cuando sea necesaria la creación de entidades nuevas que gestionen el equipo o infraestructura de investigación financiada, o acciones complementarias de apoyo.

Para determinadas actuaciones coexisten convocatorias con la celebración de convenios, o la creación de consorcios o fundaciones *ad hoc*, buscando la máxima flexibilidad.

Las fórmulas que implican la creación de una entidad legal nueva deben ser empleadas básicamente cuando la inversión es elevada y pueden ser apoyadas competitivamente, una vez creadas, por convocatorias de apoyo (basadas en las denominadas acciones especiales) que permitan financiar determinados aspectos de acceso, operación o mantenimiento en función del cumplimiento del papel que estas entidades deben tener en el Sistema español de C-T-E.

Seguidamente, se describirán las ideas generales de cada una de las actuaciones sin entrar en detalles propios de las convocatorias públicas asociadas que formarán parte de los programas anuales de trabajo.

3.1 Equipamiento científico-técnico departamental

Por equipamiento científico-técnico departamental se entiende aquél equipamiento de un coste superior a 100 K€ y que se considere necesario para facilitar el desarrollo de las líneas prioritarias definidas en cualquiera de los programas nacionales sin necesidad de que su uso esté ligado a un proyecto concreto sino a una línea de investigación cuyo desarrollo requiere la disponibilidad del equipamiento.

Los objetivos concretos de este tipo de actuación son:

- La adquisición, mejora y renovación significativa de equipos o instalaciones científicas y tecnológicos de tamaño medio.
- Puesta en marcha de nuevas instalaciones en determinados centros de I+D ya preexistentes y que permitan abordar nuevas líneas de investigación.
- La creación de un registro de equipos e instalaciones científicas y tecnológicas de tamaño medio de acceso público que favorezca su máximo aprovechamiento.

Se pretende que los equipamientos científicos o tecnológicos concedidos a través de estas actuaciones sean complementarios a otros preexistentes (en la entidad solicitante o en otras nacionales) procurando reducir al mínimo los solapamientos con objeto de maximizar el valor de las inversiones realizadas.

Con el objetivo de asegurar que la inversión realizada en estas instalaciones disponga de un marco estable durante el periodo previsible de validez de la misma, se prestará especial atención a los aspectos de gestión. A tal fin, se considera necesaria la implicación formal del centro receptor para asegurar el mantenimiento y operación del equipamiento.

Este objetivo se cubrirá con una convocatoria específica cofinanciada con fondos estructurales y puede requerir cofinanciación de la entidad receptora. Se ha previsto que la convocatoria pueda realizarse cada dos años con la participación de las CCAA en la forma que ha venido siendo habitual en los últimos años.

La cofinanciación de esta convocatoria con FEDER debe realizarse atendiendo, en todo caso, a la calidad de las solicitudes presentadas aunque es necesario atenerse a las condiciones establecidas en el marco comunitario para regiones objetivo 1 y objetivo 2.

3.2 Creación o modernización de centros de competencia

Las infraestructuras científicas deben ser utilizadas en un contexto en el que esta actividad encuentre el marco de funcionamiento apropiado para que su uso puede ser eficiente. En muchas ocasiones eso sólo es posible si al mismo tiempo se crea una estructura organizativa adecuada a la que, simultáneamente con los equipos adecuados, se dota de un edificio o laboratorios especializados nuevos para la actividad de I+D a desarrollar.

Un tipo de infraestructura especialmente importante es el relativo a la creación, modernización o ampliación de nuevos centros de I+D que dispongan de laboratorios y unidades especialmente dedicadas a la realización de actividades de I+D en áreas prioritizadas del PN. Globalmente se les denominarán centros de competencia.

Estos centros de competencia podrán ser de tres tipos:

- Centros tecnológicos cuya misión fundamental se concreta en el apoyo a la innovación tecnológica a las PYMEs.
- Centros públicos de las universidades (por ejemplo, institutos de investigación) u OPIs (por ejemplo, institutos del CSIC).
- Centros de I+D, generalmente apoyados directamente por las administraciones públicas, pero de gestión privada a través de fundaciones, consorcios o cualquier otra fórmula que les permita operar como una entidad legal independiente.

El PN 2004-2007 ha contemplado la continuación de este tipo de actuaciones pero, con la experiencia obtenida, se hace necesario un replanteamiento de las condiciones en las que estos centros pueden crearse con objeto de asegurar su viabilidad en el tiempo y que el uso de la infraestructura tenga realmente un efecto catalizador en un área determinada.

Esta línea de actuación debería financiar los siguientes aspectos:

- En la creación de los centros de competencia
 - Construcción del edificio destinado a las actividades de I+D+I pero no a actividades complementarias

Dotación de equipos para los servicios centrales de los Centros de Competencia o plantas de ensayo y demostración

- En la modernización o actualización de centros de competencia
 - Ampliación de espacios para laboratorios o plantas de ensayo y demostración de nueva creación

Esta actuación se realizará fundamentalmente mediante convenios con las CCAA en lo que se refiere a la infraestructura física y podrá estar apoyado en sucesivas anualidades por las ayudas de equipamiento departamental anteriormente mencionado.

La financiación en los centros de competencia de iniciativa privada deberá ser decreciente y estar basada en la existencia de un plan de actividad que asegure su sostenibilidad en el tiempo.

La financiación de la creación o modernización de centros de competencia en Instituciones públicas requerirá que dicho centro este integrado dentro de un Plan estratégico de la Institución correspondiente, que garantice su mantenimiento y operación en condiciones óptimas a medio o largo plazo.

3.3 Parques científicos y tecnológicos

Los "*parques científicos y tecnológicos*" constituyen, sin duda, una de las infraestructuras de apoyo a la investigación dentro del Sistema español de C-T-E que más se han desarrollado en los últimos años y en los que se concentran los elementos más innovadores que permiten una mayor cooperación entre el mundo científico y el empresarial.

Estas infraestructuras no sólo las desarrollan los promotores de estos parques, sino que también son las universidades, los centros tecnológicos, los centros europeos de empresas e innovación los que despliegan infraestructuras de soporte a la I+D en su interior, además de la participación de las administraciones regionales y locales, y otras instituciones de carácter público.

Como ejemplo de la creciente importancia concedida a los parques científicos o tecnológicos, las ayudas concedidas a los parques científicos y tecnológicos en el año 2001 ha sido de 5.062 Mptas y los compromisos correspondientes a las anualidades de 2002 y 2003 han sido de 2.500 Mptas.

Debe distinguirse claramente las actuaciones ligadas a parques tecnológicos cuya madurez y estructuras son bien conocidas y cuyo apoyo se realiza fundamentalmente en base a las infraestructuras comunes, de los parques científicos que requieren una actuación diferenciada.

En el caso de los parques tecnológicos, las prioridades del programa nacional irán dirigidas a las siguientes líneas de actuación:

- Dotación para la creación, ampliación o mejora de la infraestructura de comunicaciones de banda ancha
- Dotación para la creación, ampliación o mejora de incubadoras de empresas
- Dotación para la creación, ampliación o mejora de centros de demostración de resultados de I+D comunes para las entidades que residan en el parque

En el caso de los parques científicos, las prioridades del programa nacional irán dirigidas a las siguientes líneas de actuación:

- Dotación para la creación, ampliación o mejora de la infraestructura de comunicaciones de banda ancha.
- Dotación para la creación, ampliación o mejora de incubadoras de empresas.
- Dotación para la creación, ampliación o mejora de centros de demostración de resultados de I+D comunes para las entidades que residan en el parque.
- Dotación para la creación de laboratorios en zonas comunes.
- Dotación para la creación de edificios para la instalación de grupos de investigación o empresas de base tecnológica.
- Dotación para la instalación de grandes o medianos equipamientos científicos

El apoyo a los parques científicos y tecnológicos en el PN deberá estar ligado al cumplimiento de objetivos con una función catalizadora en los que las entidades receptoras deberán contribuir a la financiación de las actuaciones contempladas.

3.4 Actuaciones sobre Grandes Instalaciones Científicas

Dentro de este programa nacional de equipamiento e infraestructura, el PN prestará especial atención a las Grandes Instalaciones Científicas (GIC), que juegan un papel creciente en el desarrollo científico y tecnológico en todo el mundo, y también en España, puesto que en ellas se producen avances de gran impacto científico, tecnológico y socioeconómico. El término "gran instalación científica" se refiere a aquella que es única o excepcional en España, cuyo coste de inversión y/o mantenimiento es relativamente grande en relación a los presupuestos de inversiones en I+D en el área donde se encuadra su actividad, y cuya importancia y carácter estratégico en investigación y/o desarrollo tecnológico justifica su disponibilidad para todo el colectivo de I+D y la sociedad en su conjunto.

Sus especiales características requieren fuertes inversiones económicas para su construcción, mantenimiento y mejora. Por ello, tan importante como promover nuevas GIC en áreas estratégicas, mejorar las existentes y fomentar la participación de España en las GICs internacionales, es determinar con criterios selectivos y rigurosos las prioridades que deben darse a las inversiones en GICs. Basándose en dichos criterios han de establecerse las condiciones que deben reunir éstas para ser apoyadas en el PN.

En la actualidad existe una relación de GICs elaborada por el Comité Asesor de Grandes Instalaciones Científicas (CAGIC), donde figuran instalaciones de muy diversa índole, que pueden dividirse en tres grupos:

- a) GICs de nueva creación como consecuencia de decisiones de política científica que, en su día, obtuvieron un informe favorable del CAGIC, tales como Grantecan, Sincrotrón del Vallés, nuevo buque oceanográfico, etc.
- b) Instalaciones ya existentes y que fueron, en su momento, reconocidas como GICs a propuesta del CAGIC. La mayoría de las actuales se incluye en esta categoría.
- c) GICs internacionales con participación española, como son CERN, ESA, ESRF, EMBL e ILL, entre otras.

Dada la variedad de actividades, objetivos y dimensiones con la que se va configurando el escenario español de infraestructuras de investigación y desarrollo tecnológico, en el marco del CAGIC se ha contemplado la creación de nuevas figuras que diesen cabida a otras instalaciones que, diferenciadas de las GIC por su tamaño o vocación más tecnológica que científica, merecían una consideración especial en nuestro tejido de I+D. Por esta razón el CAGIC reconoce también la calificación de Instalaciones de tamaño medio y de Plataformas Tecnológicas, que se engloban bajo el nombre genérico de Instalaciones Científicas y Tecnológicas (ICT).

Por instalaciones de tamaño medio se entienden aquellas que requieren una inversión inicial de entre 2 y 6 millones de euros en equipamiento científico e instalaciones específicas necesarias para el funcionamiento del propio equipo, así como unos gastos anuales de operación y mantenimiento que pueden suponer entre 0,5 y 2 millones de euros. Estas cifras son sólo orientativas, dado que en algunas áreas científicas la valoración de la inversión es más compleja.

La consideración de Plataforma Tecnológica corresponde a aquellas instalaciones científicas que, dedicadas fundamentalmente al desarrollo tecnológico, tengan un carácter único o excepcional y cuyo valor estratégico justifique su disponibilidad para el colectivo de I+D y a la sociedad en su conjunto.

El marco de referencia para el apoyo a medianas o grandes instalaciones requiere distinguir entre la institución de acogida, el equipo y tres tipos de recursos humanos: los orientados a la operación y mantenimiento, los de soporte a usuarios y los propios usuarios.

En estos últimos es importante distinguir entre los que forman parte de la entidad de acogida y los que son usuarios externos. Tanto unos como otros deberán competir en el uso del equipo mediante mecanismos de distribución del tiempo en función de las solicitudes presentadas.

Los objetivos del PN respecto a las GICs deben ser acordes con los objetivos estratégicos del PN. Dichas acciones deben tener por finalidad la mejora cualitativa y cuantitativa de la investigación científica y técnica en España, especialmente en áreas prioritarias o estratégicas, así como contribuir directa o indirectamente al desarrollo industrial y empresarial. Es obvio que esta mejora no ha de restringirse al personal propio de la instalación sino a su área de influencia científica o tecnológica, ampliando el número y la calidad de los usuarios externos.

Para ello se han identificado varios objetivos concretos:

a) *Consolidar el programa de construcción de las nuevas GICs españolas.*

Aunque este objetivo excede el marco del PN de I+D+I, las acciones de éste deberán estar coordinadas para facilitar dicho programa, por ejemplo, mediante acciones tendentes a la innovación de la instrumentación y la formación de personal científico y técnico.

b) *Mantener y, en su caso, ampliar la participación española en GICs internacionales punteras.*

Dada la gran dimensión y las capacidades únicas de estas GICs, debe tenderse a asegurar el máximo retorno científico y tecnológico de las inversiones españolas en ellas. El aumento del uso de estas instalaciones por investigadores españoles es esencial para el desarrollo científico de nuestro país y para su integración en el ámbito de investigación europeo. En este sentido, es deseable la participación española en aquellas GICs europeas emergentes que representen un mayor beneficio científico y tecnológico para nuestro país.

c) *Garantizar la competitividad de las GICs mediante las renovaciones, mejoras o ampliaciones necesarias.*

El constante flujo de nuevos descubrimientos, especialmente en determinadas áreas de investigación, y el consiguiente desarrollo de nuevas tecnologías se traduce en la necesidad de renovación de la instrumentación de las ICT para mantener su competitivas. Por ello, y para rentabilizar las inversiones iniciales en las ICT, es preciso mantenerlas en condiciones de competencia y calidad a escala europea. Estas acciones deberán coordinarse con las de las áreas temáticas relacionadas.

d) *Facilitar y potenciar el acceso de los investigadores a las GICs nacionales e internacionales.*

El acceso de investigadores a las GICs es la clave de su existencia, por lo que es necesario intentar asegurar su uso al 100%. Para ello es preciso apoyar directamente el acceso no sólo de usuarios a corto plazo para proyectos concretos, sino también las estancias largas para realizar tesis doctorales o la formación posdoctoral, así como la movilidad de investigadores mediante estancias medias o largas en las GICs. Ello facilitará la extensión del uso de las GICs a nuevos grupos de usuarios, y, en el caso de las GICs europeas, ayudará a la formación del ERA.

e) *Disponer de personal técnico cualificado para la construcción, explotación y mantenimiento de las GICs*

La construcción de nuevas GICs en España y la de nuevas instalaciones españolas en GICs europeas, así como el mantenimiento y explotación de las mismas, exige la existencia de personal técnico cualificado en número suficiente. Este personal es muy escaso en la actualidad, por lo que es preciso emprender acciones para su formación.

f) *Asegurar el retorno científico, tecnológico e industrial de las inversiones en GICs.*

El apoyo del PN DE I+D+I a las GICs debe ser selectivo, centrándose en aquellas que, por su calidad y por su impacto en la innovación, en las áreas prioritarias del PN DE I+D+I, aseguren el mayor retorno científico y tecnológico posible.

- g) *Promover la participación de empresas españolas en la creación y desarrollo de nuevas GICs, así como su actividad de usuarios de las mismas.*

La implicación de empresas españolas en el diseño, la construcción y la explotación de las GICs es crucial para conseguir un retorno razonable de las grandes inversiones públicas que éstas requieren. Por otra parte, su acceso como usuarios a las mismas, al menos en determinados sectores, será decisivo para impulsar el desarrollo tecnológico en nuestro país, como ya sucede en Europa.

Dada la necesidad de optimización de los recursos públicos en general, y teniendo en cuenta el considerable volumen de las inversiones necesarias en GICs, es preciso garantizar el máximo beneficio científico y tecnológico del uso de las mismas. Por ello, las GICs deben reunir una serie de condiciones para acceder a la financiación del PN DE I+D+I en sus diversas modalidades:

- 1) *La ICT debe realizar una actividad de investigación de alta calidad científica o técnica demostrable.*

Esta actividad debe ser de carácter singular, es decir, que el esfuerzo en las áreas de investigación y su correspondiente infraestructura se encuentre concentrada en una o pocas instalaciones, con el fin de evitar la dispersión de recursos. Además, la investigación realizada debe responder a la demanda de las necesidades actuales en materia de ciencia y tecnología. La excelencia de la investigación realizada deberá ser demostrable mediante los indicadores generalmente aceptados por la comunidad científica y tecnológica.

- 2) *La ICT debe tener un programa de investigación y desarrollo aprobado y sustentado por la institución a la que pertenece, dedicado a la mejora de la instalación y de su servicio a los usuarios.*

Este programa de investigación debe tener una planificación periódica en la que se identifiquen proyectos concretos con objetivos, plazos de consecución, y los recursos asignados a los mismos. Se pretende con ello que la institución a la que pertenece la instalación se ocupe activamente de mantener la ICT en condiciones competitivas, al margen de las posibles ayudas públicas.

- 3) *La ICT debe dar servicio abierto a una comunidad de usuarios de tamaño y calidad razonables.*

La principal razón de concentrar recursos excepcionales en GICs, dotándolas de capacidades de investigación extraordinarias es, evidentemente, la de dar servicio al mayor número posible de usuarios para realizar proyectos de investigación concretos, en régimen de competencia abierta. No es oportuno, por tanto, dedicar recursos a las GICs sin tener en cuenta su capacidad de servicio a usuarios externos.

- 4) *La ICT debe disponer de un protocolo de acceso, contrastado y de conocimiento público, basado en la calidad científica y técnica de las propuestas.*

En consonancia con lo anterior, el acceso de los usuarios a las GICs debe realizarse como consecuencia de su competencia científica o tecnológica y de la calidad y oportunidad de sus proyectos. Estos deben ser evaluados a través de una comisión de acceso, con participación de expertos, que pueden ser propuestos por la propia ICT y las agencias oficiales de evaluación. La organización y realización de los proyectos debe ser responsabilidad de los usuarios, pero en el protocolo de acceso se deberán establecer los derechos y obligaciones de la ICT en relación con los mismos en cuanto a plazos de utilización, recursos, cargos por uso, etc.

- 5) *La ICT debe tener un presupuesto de financiación diferenciado en el seno de la institución a la que pertenece y disponer de una contabilidad analítica propia.*

Esta condición es necesaria para delimitar adecuadamente el ámbito de aplicación de los recursos asignados por el PN de I+D+I. El presupuesto debe recoger las distintas fuentes de finan-

ciación y las aplicaciones de gastos, incluyendo los gastos corrientes (mantenimiento, personal, etc.), cuya financiación debe ser asegurada por la institución a la que pertenece la ICT. La mejora y ampliación de infraestructuras y equipamientos podría articularse a través de partidas específicas para ICT's en el PN de I+D+I e ingresos procedentes de los cargos por utilización de la ICT por parte de los usuarios externos o la propia institución a la que pertenece, cuyos programas y proyectos son susceptibles de recibir ayudas a través de las líneas sectoriales del PN de I+D+I.

6) *La ICT debe disponer de un programa periódico de evaluación externa.*

En la actualidad no hay una costumbre generalizada en las ICT españolas de realizar evaluaciones periódicas externas de su actividad. En la mayoría de los casos esta evaluación queda restringida al CAGIC a través de los informes anuales de actividades. Sin embargo, es necesario implantar esta clase de evaluación, por lo demás generalizada en las GICs europeas (y exigida en el VIPM como criterio de elegibilidad para determinadas acciones), con el fin de mantener los niveles de excelencia exigibles a la actividad de las ICT. Por ello es recomendable instar a las GICs la puesta en marcha de sistemas de evaluación periódica por comités evaluadores externos.

7) *Una ICT ha de estar dotada de un equipo definido de científicos y técnicos dedicados al funcionamiento de la ICT, y disponer de una infraestructura logística y de gestión profesionalizada.*

Estos elementos son esenciales para acoger y dar soporte a los investigadores que acceden a la ICT, y deben estar al servicio de la misma para asegurar su funcionamiento, la mejora y desarrollo de la instrumentación requerida, el soporte a los usuarios, el análisis del uso de la ICT y su optimización y las relaciones con otras ICT nacionales o internacionales. Estos científicos y técnicos pueden realizar también proyectos de investigación y desarrollo en temas concretos en la ICT, en igualdad de condiciones con los usuarios externos. En el caso de medianas instalaciones científicas, este personal no tendría necesariamente dedicación exclusiva a la ICT.

8) *La ICT debe publicar anualmente su propia memoria de actividades.*

El conocimiento de las actividades de las ICT mediante la elaboración de una memoria anual es muy recomendable y útil para los usuarios actuales y futuros de las ICT. Estas memorias deben realizarse por iniciativa de las propias GICs y con su formato y contenido propios. Actualmente se elabora un informe anual en modelo normalizado para el CAGIC que contiene una información mínima comparable. Este informe debe mantenerse, al margen de la memoria de actividades y, en la medida en que se vaya instaurando la evaluación periódica externa, debería incluir el resultado de dicha evaluación.

Por otra parte, el VI Programa Marco (VIPM) prevé una serie de acciones relacionadas directamente con las GIC de las que pueden beneficiarse algunas de las españolas. Por ello, las acciones del PN de I+D+I deben dirigirse a facilitar esta posibilidad, así como a apoyar el funcionamiento y mejora de las GIC en aspectos no cubiertos (o no suficientemente cubiertos) por el VIPM mediante acciones que complementen, amplíen o secunden las europeas.

3.5 Diseño y construcción de instrumentación científica avanzada

Es cada vez más frecuente que la participación española en grandes proyectos internacionales se realice en base a aportaciones "en especie" (*in kind*) con las que se sufragan parte de los costes de participación en los mismos.

Estas actuaciones han sido relativamente frecuentes en el pasado asociadas a la participación en entidades científicas como ESRF, CERN o más recientemente en ALMA o también dentro del programa

del espacio para el desarrollo de las cargas útiles de las plataformas espaciales. Su cobertura ha tenido que realizarse, fundamentalmente, en base a las denominadas "acciones especiales" al no existir un tratamiento concreto en el Plan Nacional y al tener que acomodar su aprobación a fechas concretas, limitación que no existía con las acciones especiales. Ello obligaba a una gestión reactiva a las solicitudes recibidas y dificultaba la promoción de grupos de investigación de carácter experimental.

Las actuaciones contempladas en este ámbito por el presente programa nacional son:

- Diseño de instrumentos para GIC
- Diseño de instrumentos para plataformas espaciales
- Diseño de instrumentos para grandes o medianas instalaciones internacionales (tanto si participa España como si no lo hace)
- Potenciación de la capacidad para participar en concursos internacionales mediante la financiación de prototipos

Esta actuación deberá tener una estrecha relación con el programa nacional de cooperación internacional al tener que concentrar las prioridades en aquellas actuaciones consideradas prioritarias para España y dentro de este mismo programa con las actuaciones relacionadas con las GIC.

Las actuaciones podrán financiarse mediante la convocatorias de acciones especiales en las que se promueva especialmente la participación conjunta de centros de investigación, centros tecnológicos y empresas.

4 Relación con otros programas nacionales

Al tratarse de un área horizontal, tendrá una relación directa con el resto de las áreas temáticas y, por tanto, con los programas nacionales incluidos en las mismas. En este sentido, las actuaciones ligadas a convocatorias públicas deberán estar abiertas a las prioridades temáticas de todos los programas nacionales.

Adicionalmente, existirán especiales relaciones con otras áreas horizontales, fundamentalmente con respecto al Programa de Recursos Humanos y el de Cooperación Internacional.

Con respecto al programa nacional de potenciación de los recursos humanos se tratará de:

- Aprovechar la financiación de infraestructuras para apoyar la formación de personal técnico ligado al uso de los equipos que, en su caso, pueda transferirse a empresas especializadas.
- Disponer de personal estable de operación y mantenimiento ligado a las instalaciones de tamaño medio o grande.
- Apoyar la formación de personal especializado en instalaciones internacionales en las que participe España.

Con respecto al programa de cooperación internacional se tratará de:

- Apoyar la participación en los programas internacionales y, especialmente, en el Programa Marco en las convocatorias de infraestructuras en el caso de las GIC, condicionando parte de la ayuda nacional a que se haya conseguido la categoría de "gran instalación europea".

La financiación del material inventariable que sea requerido para la participación de las entidades públicas españolas en el PM en la modalidad de costes totales deberá cubrirse desde los programas nacionales en los que se inserte el proyecto o red de excelencia.

Programa Nacional de Fomento de la cultura científica y tecnológica

1 Justificación del Programa Nacional

Los últimos estudios llevados a cabo sobre el grado de conocimiento que los ciudadanos tienen de la ciencia y la tecnología (Eurobarómetro 2001; Percepción social de la ciencia, FECYT 2002) ponen de manifiesto un déficit de cultura científico-tecnológica en la sociedad española, algo que es también percibido por los agentes del Sistema Ciencia-Tecnología-Empresa-Sociedad.

La situación es fruto de una concepción cultural en la que la ciencia y la tecnología no han sido consideradas componentes prioritarios. Tampoco el sistema educativo ha contribuido a fomentar la integración de las ciencias en la cultura. La ciencia se "enseña" de forma instrumental, pero no llega a formar parte de los conocimientos básicos que debe tener un ciudadano de hoy.

Se sigue constatando, por tanto, la necesidad de una "alfabetización científico-tecnológica" de la sociedad española, como ya se identificó en el diseño del Plan Nacional de I+D+I 2000-2003. Dicho Plan definió una acción estratégica para la divulgación de la ciencia y la tecnología dentro del área de investigación básica no orientada.

Tras la experiencia derivada de su ejecución, se ha podido corroborar la necesidad de continuar fomentando actuaciones que contribuyan a un cambio cultural sustantivo. El impulso se traduce ahora en el Programa Nacional de Fomento de la Cultura Científica y Tecnológica, cuyo objetivo es mejorar el conocimiento social de la ciencia e incrementar la valoración que las actividades científico-tecnológicas tienen como instrumentos de avance en una sociedad moderna.

El Programa deberá promover actuaciones dirigidas a los tres agentes receptores que se han identificado como prioritarios, que son: la sociedad en su conjunto, el colectivo específico de la juventud y el entorno económico-empresarial.

Cabe reseñar que, en el ámbito empresarial, el Programa deberá también promover la difusión de los resultados de la tecnología y la innovación alcanzados por las empresas españolas, reconociendo, por tanto, su papel como agentes generadores de cultura científico-tecnológica y de innovación.

Para llegar a los receptores, el Programa desarrollará acciones a través de los agentes identificados como generadores y promotores de contenidos y de los canales y formatos de comunicación que se relacionan a continuación.

1.1 Agentes generadores de contenidos

Centros de I+D y Centros de innovación y tecnología

Los organismos públicos de investigación, las universidades y los centros de innovación y tecnología son las instituciones con mayor actividad en la generación científico-tecnológica. Parece claro, pues,

que deben asumir un papel fundamental en su difusión y en el fomento de su integración cultural. El Programa Nacional tratará de incentivar el compromiso con la difusión y divulgación pública entre científicos y tecnólogos.

Empresas innovadoras

El objetivo del Programa en el ámbito de las empresas se traduce en una toma de conciencia del sector productivo hacia la innovación tecnológica como elemento estratégico y en la dignificación del papel del empresario innovador. Por tanto, como ya se ha apuntado, el Programa deberá considerar a las empresas como destinatarios de las acciones y como agentes generadores de cultura científica, tecnológica y de la innovación.

1.2 Agentes promotores

Instituciones y organismos públicos y privados

La administración pública, tanto estatal como autonómica y local, así como las organizaciones públicas y privadas que, por la gestión de sus programas o por sus actividades, intervienen en los procesos de creación de opinión en ciencia y tecnología deben tener un papel relevante en la promoción de la cultura científico-tecnológica.

Divulgadores y periodistas científicos

Los profesionales especializados en la divulgación y el periodismo científico deben adquirir singular relevancia por su gran potencial en la creación de una actitud social favorable hacia la ciencia, la tecnología y la innovación. Un impulso a la divulgación e información científico-tecnológica a través de los profesionales de la comunicación brindará la oportunidad de mejorar la cultura social a corto plazo.

1.3 Agentes transmisores

Medios de comunicación social (prensa escrita, televisión, radio e internet)

El Programa abarcará el ámbito completo de los medios de comunicación social, debiendo atender a sus dos cometidos clásicos: información y entretenimiento. Asimismo, apoyará los dos tipos de actividades relacionadas con la ciencia y la tecnología en los medios: el periodismo científico y tecnológico (sujeto a temporalidad noticiosa) y la divulgación científica y tecnológica (no sujeta a dicha temporalidad).

Centros de divulgación científica

La experiencia, flexibilidad y dinamismo de estos centros, junto con su gran capacidad para captar el interés de amplios segmentos de la sociedad, los convierten en un sector estratégico del Programa, a cuyo servicio ofrecen una infraestructura estable, equipos humanos profesionales y una organización experimentada.

Contexto educativo formal

El Programa deberá promover iniciativas orientadas al fomento de la cultura científica y tecnológica en colegios, institutos, centros de formación profesional y universidades. Prestará atención a los proyectos que fomenten el conocimiento teórico y práctico de la metodología científica en las distintas áreas de conocimiento, y promoverá iniciativas de fomento de la cultura científica y tecnológica en el profesorado de los distintos niveles educativos.

Producciones audiovisuales y multimedia

Los avances tecnológicos de los últimos años han popularizado la utilización de este medio para la difusión de cualquier tema de interés social. El Programa deberá potenciar el uso de estos canales para la difusión y divulgación de la ciencia y la tecnología, incentivando las producciones que puedan llegar directamente al ciudadano como fórmula eficaz frente a las producciones masivas de grandes presupuestos.

Publicaciones

La eficacia de las publicaciones como soporte para la difusión de la ciencia y la tecnología está demostrada, especialmente cuando el material impreso adquiere un carácter didáctico y divulgativo. El Programa potenciará la creación de material de calidad e incentivará mecanismos de distribución eficaces que incrementen su repercusión sobre el público y la sociedad.

Iniciativas de participación ciudadana

La ciencia y la tecnología deben acercarse a los ciudadanos y formar parte de su realidad cotidiana. El Programa deberá fomentar aquellas iniciativas que fomenten la participación ciudadana en las cuestiones científico-tecnológicas (encuentros, jornadas, seminarios, semanas y días de la ciencia, ferias, conferencias, debates públicos, etc).

2 Justificación de la priorización del programa nacional

En España no existe una conciencia social generalizada sobre la importancia que para el futuro bienestar y el progreso tiene el desarrollo científico-tecnológico. Sin embargo, algunos estudios demoscópicos recientes muestran que el interés de la sociedad española por las cuestiones relativas a la ciencia y la tecnología se ha desarrollado de forma significativa en los últimos años, y que la propia sociedad reclama un mayor acceso a la información sobre estas cuestiones.

Asimismo, es necesario tener en cuenta que la evolución futura de la ciencia y la tecnología depende en buena medida de que la sociedad demande su desarrollo. Por otra parte, se constata que la ciudadanía quiere estar mejor informada sobre los retos del futuro, así como sobre los motivos que subyacen en la toma de decisiones de los especialistas y de los responsables públicos.

Parece claro, pues, que la manera más idónea de transmitir a la sociedad la importancia de la ciencia y la tecnología es poner a su alcance una información suficiente, en cantidad y calidad, que le ayude a formarse una opinión rigurosa.

El Programa Nacional de Fomento de la Cultura Científica y Tecnológica pretende desarrollar los medios, los mecanismos y las estructuras necesarias para generar información de calidad sobre la ciencia y la tecnología, preparar esta información para que sea útil y comprensible, ayudar a que se difunda ampliamente en la sociedad y, finalmente, monitorizar sus efectos en la propia sociedad.

Pero, más allá de las justificaciones generales, existen justificaciones particulares para cada una de las acciones que componen el Programa, que se detallan a continuación.

Agentes generadores y promotores de contenidos

Respecto a los agentes generadores y promotores de contenidos, cabe señalar que resulta especialmente adecuado el desarrollo de actividades que propicien la convergencia entre los agentes implicados y que mejoren el reconocimiento de las actividades de divulgación y difusión para todos aquellos

que participen. En especial, el Programa deberá promover, en el sistema de evaluación de proyectos o de la actividad investigadora, el reconocimiento de la divulgación de calidad de los resultados propios o del área de conocimiento próxima.

Centros de I+D y Centros de innovación y tecnología

Los centros generadores de ciencia y tecnología son, por su propia competencia, un componente esencial en las actividades de divulgación. Sin embargo, la insuficiencia de medios y la escasa motivación para la participación en estas actividades dificultan su desarrollo, a lo que hay que añadir la frecuente reticencia de científicos y tecnólogos hacia el proceso de divulgación por la inevitable pérdida de exactitud en los conceptos. El impulso por el aprecio de estas actividades y por el aprendizaje de las técnicas necesarias para su correcta ejecución por parte de este colectivo es, por tanto, una necesidad ineludible.

Empresas innovadoras

La innovación, clave de la competitividad de las empresas, tendrá cada vez más una base científica y tecnológica. Para ello, no basta con la inversión en I+D. La innovación debe integrarse en los planteamientos estratégicos empresariales y para ello es necesario fomentar una cultura científica, tecnológica y de la innovación que actúe sobre el conjunto de la sociedad, con especial hincapié en la empresa, sin cuyo concurso la innovación carece de sentido.

Agentes promotores

Instituciones y organismos públicos y privados

La gran diversidad de instituciones y organismos que pueden intervenir en la promoción de la cultura científica y tecnológica confiere al Programa un importante potencial, aunque deberá fomentarse la coordinación y el conocimiento mutuo para favorecer iniciativas bien articuladas y promover proyectos que puedan ampliarse desde sus centros de origen a otros ámbitos y localizaciones.

Divulgadores y periodistas científicos

La participación de este colectivo en el proceso de diseño y ejecución de actividades de divulgación científica resulta primordial por su especial sensibilidad y capacitación para llevarlas a cabo. Esto les permite, por una parte, ser correa de transmisión de los demás agentes relacionados con los contenidos y, por otra, actuar como formadores prácticos de los demás colectivos implicados.

Agentes transmisores

Medios de comunicación social

Su enorme influencia en la formación de la opinión pública los convierte en objetivo preferente del Programa, que deberá articular mecanismos adecuados para incentivar y apoyar la difusión de los contenidos científicos y tecnológicos, con el fin de crear una actitud social favorable hacia la ciencia, la tecnología y la innovación.

Centros de divulgación científica

Los estudios demuestran que los usuarios de este tipo de instituciones son realmente heterogéneos y abarcan una gran diversidad de públicos. Esto, unido a su flexibilidad y dinamismo, los hace especialmente idóneos como soporte de actuaciones de divulgación científica y tecnológica, y de aquellas encaminadas a mejorar la valoración ciudadana de la investigación, la ciencia y la tecnología.

Contexto educativo formal

Un Programa que pretende aumentar el nivel de conocimiento de una sociedad a largo plazo debe priorizar las acciones a realizar en los contextos educativos formales. Los diferentes ámbitos de actuación han de dirigirse de forma preferente a la infancia y juventud, que constituyen el futuro próximo de la ciencia y la tecnología, tanto desde la perspectiva de los agentes –investigadores y técnicos– como de los receptores y usuarios, esto es, toda la población.

Producciones audiovisuales y multimedia

La gran capacidad de atracción de este tipo de producciones como elementos de la cultura actual ofrece un importante canal de difusión de la ciencia y la tecnología, siempre que pueda asociarse a una amplia difusión.

Publicaciones

Las publicaciones son un componente esencial en el propio funcionamiento del sistema científico-tecnológico. A efectos divulgativos, ofrecen un soporte que combina factores fundamentales, como la variedad de formatos, la calidad y la perdurabilidad.

Iniciativas de participación ciudadana

El éxito de las iniciativas ya puestas en marcha, como la Semana de la Ciencia, ha mostrado la excelente acogida por parte del público que tienen aquellos proyectos que ponen en contacto directo la ciencia y la tecnología con la sociedad. A su vez, este tipo de actuaciones representan una respuesta idónea a la demanda social de contenidos científico-tecnológicos puesta de manifiesto en los estudios sobre percepción social.

3 Estructura y objetivos del programa nacional

Analizadas las principales dificultades que limitan el desarrollo de los objetivos del programa, se han identificado cinco prioridades temáticas, en cada una de las cuales se proponen líneas de actuación específicas. Las prioridades temáticas son:

- Creación y consolidación de estructuras de difusión y divulgación científica y tecnológica
- Formación en ciencia y tecnología
- Cooperación entre los agentes implicados en los procesos de difusión y divulgación científica y tecnológica
- Percepción social de la ciencia y la tecnología
- Semana de la Ciencia y la Tecnología

El conjunto de actuaciones propuestas permitirá avanzar progresivamente en el cambio cultural que se persigue, y la combinación de actuaciones, especialmente las que fomentan la colaboración entre las prioridades consideradas, favorecerá la consecución de resultados más alentadores y significativos.

A continuación se detalla cada una de las prioridades temáticas y sus líneas de actuación.

Creación y consolidación de estructuras de difusión y divulgación científica y tecnológica

Con carácter general, el Programa promoverá el reconocimiento de la importancia de los contenidos de ciencia, tecnología e innovación por parte de los medios de comunicación social, los Centros de

I+D y Centros de innovación y tecnología, y las empresas, con el objetivo de fomentar la creación de nuevas estructuras a favor de la divulgación. Asimismo, incentivará la consolidación de estructuras ya existentes, como los Centros de divulgación científica, mediante acciones que impulsen su desarrollo.

En el caso de los medios de comunicación social, las acciones específicas deberán orientarse preferentemente hacia el apoyo a la implantación o consolidación de la actividad informativa y hacia la creación de recursos y servicios destinados a facilitar la labor. En este sentido, se considerarán las siguientes líneas de actuación:

- Proyectos destinados a dotar a los medios de comunicación de estructuras permanentes de información científica y tecnológica, como secciones fijas o suplementos (incluyendo viabilidad económica).
- Proyectos destinados a la consolidación, mejora o crecimiento de estructuras ya existentes.
- Proyectos de creación, comercialización y distribución de recursos realizados fuera de los medios de comunicación y destinados a facilitar a éstos la información científica y tecnológica, como servicios especializados de agencia de noticias, bases de datos y de imagen, programas o ediciones específicas, suplementos, etc.
- Apoyo a programas o ediciones de contenido científico y tecnológico en los medios de comunicación. El Programa deberá promover los contenidos de ciencia y tecnología en los medios de comunicación (televisión, radio, prensa, internet), con el ánimo de incrementar su presencia en la información cotidiana. Especialmente deberá plantearse la necesidad de popularizar la ciencia, la tecnología y la innovación a través de la incorporación de estos contenidos en formatos aceptados por las audiencias actuales. Se deberán contemplar, también, las campañas dirigidas a los medios sobre el papel de la empresa en el desarrollo científico y tecnológico.

En el ámbito de las empresas, el Programa deberá promover, con carácter general, su interrelación con los medios de comunicación y otros agentes del Sistema, con el objetivo de fomentar la difusión de los resultados que la ciencia y la tecnología aportan al entorno económico del país:

- Fomento de la creación de departamentos de comunicación en entidades intermedias que prestan servicios a las empresas (asociaciones empresariales, cámaras de comercio, fundaciones universidad empresa, etc.)
- Creación de foros de opinión (con participación de empresas, medios de información y otros agentes del Sistema de I+D+I)

En relación con los Centros de divulgación científica:

- Apoyo a las actividades de divulgación, como: cursos, seminarios, concursos, talleres didácticos, conferencias, formación de divulgadores, jornadas sobre comunicación científica, celebración de eventos relacionados con la ciencia y la tecnología o actividades de animación (días de ciencia en la calle, ferias de la ciencia, días de la astronomía, la medicina, etc), estímulo a las asociaciones de amigos, visitas guiadas a centros de investigación y tecnología, encuentros con científicos y tecnólogos, edición de publicaciones de divulgación y productos para internet, producción de programas de planetario y exposiciones, etc.
- Apoyo a la creación de mediatecas de acceso público. El objetivo se centrará en la creación de una red de mediatecas del territorio nacional, que permitirá un mejor aprovechamiento de las inversiones y de la gestión de los derechos de uso.

Asimismo, el Programa incentivará el estudio y desarrollo de experiencias innovadoras que permitan abrir nuevas líneas de actuación, experimentación y evaluación en la divulgación científica y tecnológica, entre las cuales pueden incluirse:

- Experiencias piloto innovadoras en Centros de divulgación científica.

- Actividades encaminadas al diseño de nuevos materiales didácticos destinados a los distintos niveles educativos, y al análisis de los que actualmente se emplean en educación secundaria obligatoria y postobligatoria, con el fin de investigar las concepciones de la ciencia y la tecnología que en ellos subyace. También se trata de realizar actividades dirigidas a conocer las prácticas científicas y tecnológicas que se llevan a cabo en licenciaturas y carreras técnicas universitarias.
- Apoyo a los estudios y publicaciones teóricas sobre periodismo científico y tecnológico.
- Promoción de certámenes y premios orientados a primar las iniciativas y materiales de calidad relativos a la divulgación de la ciencia y la tecnología, en sus distintos soportes.
- Publicaciones y producciones audiovisuales. Los avances tecnológicos en los medios y técnicas audiovisuales de los últimos años permiten acercar al ciudadano a la ciencia y la tecnología de una manera sencilla y directa. Las publicaciones, por su parte, continúan siendo un canal muy idóneo de difusión y divulgación, al combinar variedad de formatos y facilidad de distribución. Se considerarán prioritarios los proyectos que, en cualquiera de los formatos posibles, representen una contribución significativa y novedosa para la difusión del propio sistema de ciencia y tecnología y la divulgación de los contenidos científico-tecnológicos.

El Portal Tecnociencia constituye una plataforma al servicio de Sistema de Ciencia-Tecnología-Empresa. Su concepción como un espacio de información y encuentro entre sus agentes pretende favorecer la colaboración y el contacto estable entre los generadores de conocimiento y el mundo económico-empresarial.

Tecnociencia, además, ha de ser la plataforma, basada en nuevas tecnologías, de referencia para la generación de una cultura científica y tecnológica en la sociedad española, constituyendo un lugar de información a disposición de la sociedad en general.

El Programa prestará un apoyo permanente a esta infraestructura en las siguientes líneas:

- Apoyo a la operación del portal, tanto en lo referente a la plataforma tecnológica, como en la actualización de contenidos.
- Apoyo a su desarrollo para adaptarse a las evoluciones tecnológicas y para integrar progresivamente a los agentes del sistema de ciencia y tecnología que puedan aportar algo a esta comunidad.

Formación en ciencia y tecnología

Las líneas de actuación identificadas son:

- Apoyo a la formación de periodistas y de especialistas en divulgación científica y tecnológica. Deberá orientarse en diversos sentidos:
 - Formación de periodistas en ejercicio a través de las asociaciones profesionales.
 - Fomento de la presencia del periodismo científico y tecnológico en los programas habituales de las facultades de ciencias de la información.
 - Cursos de especialización en divulgación científica y tecnológica para científicos y tecnólogos, realizados en centros de I+D y centros de innovación y tecnología.
- Fomento de las actividades de formación del profesorado y de la población estudiantil en la cultura científica y tecnológica. El Programa fomentará el conocimiento de la cultura científica y tecnológica en los contextos educativos formales, especialmente en los niveles de educación secundaria, formación profesional y primeros cursos de las enseñanzas universitarias. Para ello será necesario priorizar las actividades dirigidas a difundir dicha cultura tanto en el alumnado como en el profesorado:

- Trabajos que desarrollen actividades innovadoras para que el alumnado, desde la educación secundaria obligatoria (ESO) hasta primeros cursos de universidad, obtenga una mayor y mejor cultura científica y tecnológica.
- Acciones de formación para el conocimiento de la ciencia, la tecnología y la metodología investigadora en las facultades de formación del profesorado y las actividades innovadoras que compatibilicen la formación y la investigación del profesorado no universitario mediante su participación en proyectos coordinados con universidades o centros de investigación.
- Actividades encaminadas a la formación general de las personas adultas en la cultura científica y tecnológica.
 - Fomento de cursos de reciclaje y especialización en general, así como cursos de postgrado dirigidos a aumentar el conocimiento de la ciencia y la tecnología en las personas adultas.

Cooperación entre los agentes implicados en los procesos de difusión y divulgación científica y tecnológica

El Programa debe promover la cooperación y colaboración en materia de divulgación entre el sistema público y privado de I+D+I y la sociedad en su conjunto. Prestará especial atención a las relaciones de las empresas con los demás agentes del sistema (entre los que debe incluirse a las demás empresas), y a la interrelación entre los agentes generadores de contenidos y los medios de comunicación. Se han considerado como líneas de actuación:

- Fomento de la cooperación entre centros de divulgación científica. La cooperación nacional e internacional genera efectos multiplicadores y permite optimizar recursos, por lo que el Programa potenciará las actividades que estimulen dicha cooperación, como la organización de jornadas técnicas, encuentros, intercambios, formación de personal, cursos, producción compartida de software educativo y de gestión, etc. Asimismo, se considerarán preferentes las exposiciones temporales o permanentes que sean realizadas entre varios centros.
- Fomento de la cooperación entre la comunidad científica y tecnológica y los centros y especialistas en su difusión y divulgación. Con frecuencia, los grupos de investigación y las instituciones dedicadas a la ciencia y a la innovación tecnológica encuentran dificultades para materializar sus proyectos de comunicación y divulgación científica. El Programa apoyará:
 - La realización de actividades concretas y exposiciones en las que cooperen los centros de divulgación con grupos de investigación, instituciones y empresas generadoras o promotoras de ciencia y tecnología.
 - Proyectos de cooperación relativos a la creación o mejora de bancos de datos de especialistas a disposición de los divulgadores.
 - Incremento del número y calidad de la colaboración de científicos y tecnólogos en los medios de comunicación.
- Apoyo a iniciativas conjuntas entre empresas e investigadores. Se consideran prioritarios los seminarios y jornadas de carácter divulgativo destinados a la población y al tejido empresarial, que permitan conocer y valorar los resultados y programas del Plan Nacional de I+D+I, y que presenten a la sociedad las consecuencias positivas de la colaboración entre empresas y centros generadores de ciencia y tecnología.
- Apoyo a la difusión de estrategias empresariales innovadoras. Las experiencias positivas de empresas innovadoras pueden servir de estímulo para otras empresas que, por diversas razones, no hayan apostado a fondo por una estrategia innovadora. Teniendo en cuenta las limitaciones

derivadas de la protección de resultados, y evitando el apoyo a simples acciones comerciales, se podrán articular en torno a esta línea diferentes acciones, como seminarios o premios específicos, que sirvan para estimular la interacción dentro del colectivo empresarial.

- Promoción de la interacción entre centros públicos y privados de I+D+I y productoras audiovisuales. Se trata de incentivar la realización de productos de bajo presupuesto, pero de gran calidad, promoviendo el intercambio internacional y la formación de equipos especializados en los organismos de ciencia y tecnología.

Percepción social de la ciencia y la tecnología

El conocimiento de la percepción que la sociedad española tiene de la ciencia y la tecnología resulta una herramienta imprescindible para el diseño de líneas de actuación prioritarias en el fomento de la cultura científico-tecnológica.

Partiendo de los estudios y prospecciones ya existentes, el Programa deberá facilitar el análisis de las tendencias futuras y promover el desarrollo de estudios detallados sobre segmentos de población específicos.

Por tanto, el Programa mantendrá una actividad continua de investigación y estudios de opinión sobre esta cuestión, que deberán aprovechar y dar continuidad a los resultados de los trabajos existentes tanto a nivel nacional como europeo, en dos líneas principales:

- Apoyo a los procesos de recogida de datos e investigaciones demoscópicas tanto sobre la población en general como sobre segmentos determinados de ésta, en particular los definidos como segmentos prioritarios en el presente Programa.

En este sentido, se priorizarán las acciones orientadas a profundizar en el conocimiento que el profesorado y el alumnado tienen de la cultura científica y tecnológica. El conocimiento de la percepción que tienen los profesores y los estudiantes de los últimos cursos de primaria, secundaria obligatoria y postobligatoria y primeros cursos de universidad sobre la ciencia y la tecnología constituye la base necesaria para la ulterior realización de las actividades formativas. Por ello, se priorizarán las actividades orientadas a conocer la concepción que los profesores tienen sobre la ciencia y la tecnología –y sobre la forma de darlas a conocer entre los estudiantes– y los que aborden la percepción de los estudiantes desde una perspectiva evolutiva y de género.

- Apoyo a los estudios y análisis sobre los datos y las series recogidos tanto a nivel nacional como internacional sobre la cultura científica y tecnológica en España.

Semana de la Ciencia y la Tecnología

La Semana de la Ciencia y la Tecnología, que se celebra con periodicidad anual, concentra una relevante participación de administraciones, entidades y organismos. El gran número y variedad de actividades llevadas a cabo durante la semana hacen de este evento el esfuerzo divulgador más importante para acercar el conocimiento científico y tecnológico a los ciudadanos.

Por tanto, mantener y promover el desarrollo de este evento, que ya cuenta con un importante grado de madurez y consolidación como acto anual, constituye un elemento diferenciado e insustituible para la generación de una adecuada cultura científica en España.

En consecuencia, el Programa incluirá sistemáticamente y con periodicidad anual las acciones encaminadas a impulsar este evento, en dos vertientes:

- Apoyo a actividades específicas incluidas en el programa de la semana, a realizar desde todo tipo de instituciones.

- Coordinación entre las diferentes administraciones públicas con el fin de aprovechar eficazmente los recursos disponibles, mantener una imagen común ante la sociedad española, y llevar a cabo un seguimiento unificado de la actividad.

Siglas y Acrónimos

A2C	Administration to Consumer	ATM	Asynchronous Transfer Mode
ADAS	Advanced Driving Assistance Systems	AUGER	Observatorio de rayos cósmicos Pierre Auger
ADM-AEOLUS	Misión ESA para mediciones de vientos	AUV	Autonomous Underwater Vehicle
ADN	Acido desoxirribonucleico	AVEO	Asociación Valenciana de Empresarios de Ortopedia
ADS	Navegación Automática Dependiente	B2B	Business to Business
AECI	Agencia Española de Cooperación Internacional	BACs	Bacterial Artificial Chromosomes
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación	BAE	Base Antártica Española
AEON	Antartic Environmental Officers Network	BCN	Nitruro de Boro Carbono
AES	Espectroscopia Auger	Beppi-Colombo	Misión ESA para el estudio de Mercurio
AFM-STM	Atomic Force Microscope-Scanning Tunneling Microscope	BIO HESPÉRIDES	Buque de Investigación Oceanográfica "Hespérides"
AGE	Administración General del Estado	BIOMED	Programa europeo de I+D+I en Biomedicina y salud
ALMA	Atacama Large Millimeter Array	BIOTECH	European Biotechnology Programme
AMS	Alpha Magnetic Spectrometer	BT	Baja Tensión
ANECA	Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación	CAB	Centro de Astrobiología
ANIEL	Asociación Nacional de Industrias Electrónicas y de Comunicaciones	CAD/CAE	Computer Aided Design/Computer Aided Engineering
ANTARES	Astronomy with a Neutrino Telescope and Abyss environmental RESearch	CAGIC	Comité asesor de Grandes Instalaciones Científicas
ARGO	International program to provide real-time observations of the upper-ocean temperature and salinity field	CAX	Computed Aided ...
ASIC	Application Specific Integrated Systems	CCAA	Comunidades Autónomas
ASOAN	Asociación de Empresas de Ortopedia Técnica de Andalucía	CDF	Collider Detector at Fermilab
ASON	Automatic Switched Optical Network	CDMA	Code Division Multiple Access
ATLAS	A Toroidal LHC ApparatuS	cDNAs	Acidos desoxirribonucleicos complementarios
		CDOT	Centro Distribuido de Observación de la Tierra
		CDTI	Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial
		CEDEX	Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas

CEHIPAR	Canal de Experiencias Hidrodinámicos de El Pardo	CYTED	Ciencia y Tecnología para el Desarrollo
CELTIC	Cooperation for a European Sustained Leadership in Telecommunications	DARWIN	Misión para el estudio de otros sistemas planetarios
CEN	Comité Europeo de Normalización	DC	Corriente continua
CENELEC	Comité Europeo de Normalización Electrotécnica	DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
CEP	Committee for Environmental Protection	DESY	Deutsches Elektronen-Synchrotron
CERN	Organización Europea de Investigación Nuclear	DIVERSITAS	Programa Internacional de investigación ambiental sobre el cambio global
CET	Centro de Ensayos Torregorda	DNA	Acido desoxirribonucleico
CFD	Computational Fluid Dynamics	DNS	Domain Name Server
CICYT	Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología	DVB	Estándar de Distribución de Video Digital
CIDA	Centro de Investigación y Desarrollo de la Armada	DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing
CIEMAT	Centro de Investigaciones energéticas Mediambientales y Tecnológicas	ECF	Elementary Chlorine Free
CIS	Communication and Information System	ECH	Electron Cyclotron Heating
CLIC	Compact Linear Collider	EDDINGTON	Misión ESA de caracterización de sistemas planetarios
CMS	Compact Muon Solenoid	EDP	Ecuaciones en Derivadas Parciales
CNES	Agencia Espacial Francesa	EDP	Equivalencia a dedicación plena
CNGS	CERN Neutrino beam to Gran Sasso	EGNOS	Sistema europeo de refuerzo a la navegación por satélite
CNM	Centro Nacional de Microelectrónica	ELIPS	Programa Europeo de Ciencias Físicas y Biológicas en la ISS
COM	Apócope de Comisión Europea en sus documentos	EMBL	European Molecular Biology Laboratory
COMNAP	Council of Managers of National Antarctic Programs	EMBL	European Molecular Biology Laboratory
CORBA	Common Object Request Broker Architecture	EMBO	European Molecular Biology Organization
COTS	Commercial Of-The-Shelf	EMP	Electro-magnetic Pulse
CPIs	Centros Públicos de Investigación	EMPA	Electron microprobe phase analysis
CREPAD	Centro de Recepción, Proceso, Archivo y Disseminación de Datos	EMS	European Mathematical Society
CRYOSAT	Misión ESA sobre medida de la distribución de hielo en los casquetes polares.	ENISA	Empresa Nacional de Innovación
CSIC	Consejo Superior de Investigaciones Científicas	ENO	European Northern Observatory
CSN	Consejo de Seguridad Nuclear	ENRESA	Empresa Nacional de Residuos Radiactivos
CTE	Sistema español de Ciencia-Tecnología-Empresa	ENVIRONMENT	Programa europeo de I+D+I sobre Medio Ambiente
		ENVISAT	Satélite ENVISAT
		EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
		ERA	Espacio Europeo de Investigación
		ERRAC	European Rail Research Advisory Council

ERS	Environment Remote Sensing	FPU	Formación de Profesorado Universitario
ERTMS	European Rail Traffic Management System	FSE	Fondo Social Europeo
ESA	Agencia Espacial Europea	FSL	Laboratorio de Investigación de Física de Fluidos
ESEM	Environmental scanning electron microscope	FTP	File Transfer Protocol
ESF	Fundación Europea para la Ciencia	GaAs	Arseniuro de Galio
ESF	European Science Foundation	GACE	Grupo de Astrofísica y Ciencias del Espacio
ESO	European Southern Observatory	GAEO	Grupo de Armamento Europeo Occidental
ESOC	Centro de Operaciones de la ESA situado en Alemania	GAIA	Misión ESA de caracterización de las estrellas de nuestra Galaxia
ESRF	European Synchrotron Radiation Facility	GALILEO	Sistema de Navegación Global por Satélite Europeo
ESS	European Spallation neutron Source	GANIL	Grand accélérateur d'ions lourds
ETAP	European Technology Acquisition Programme	GEI	Gases de Efecto Invernadero
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	GICC	Gasificación Integrada en Ciclo Combinado
EUMETSAT	Organización Europea de satélites meteorológicos	GLOBEC	Programa internacional de investigación oceanográfica denominado Global Ocean Ecosystem Dynamics
EUROCEAN	The European Conference on Marine Science and Ocean Technology	GLP	Gas Licuado de Petróleo
EUROGOOS	The European Conference on Global Ocean Observatory System	GMES	Sistema Global para la observación del medioambiente y prevención de catástrofes.
EUROMARGINS	Red de la ESF sobre Ocean Margins	GMP	Good Manufacturing Practice
EUROPROBE	Lithosphere Dynamics programme	GMPLS	Generalized Multi-Protocol Label Switching
EXAFS	Extended X-Ray Absorption Fine Structure	GOCE	Misión ESA para medición del campo gravitatorio terrestre.
FA/LOI	Framework Agreement/ Letter of Intention	GOODS	Global Ocean Observing System
FEDOP	Federación Española de Ortesis y Protésistas empresarios y profesionales	GPS	Sistema de Posición Global
FENIN	Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria	GSI	Heavy ion research center. Alemania
FETOR	Federación española de Técnicos ortopédicos	GSM	Global System for Mobile telecommunication
FIPA	Foundation for Intelligent Physical Agents	GTC	Gran Telescopio de Canarias
FNAL	Fermi National Accelerator Laboratory	GTL	Gas-to-Liquid
FNM	Fábrica Nacional La Marañosa	HDTV	High Definition Television
FPGA	Field Programmable Gate Array	HEGRA	High Energy Gamma Ray Astronomy
FPI	Formación de Personal Investigador	HERSCHEL	Misión ESA de astrofísica en el rango infrarrojo.
		HFC	Hybrid Coaxial Cable
		HISPASAT	Sistema de satélites de telecomunicación español.
		HMI	Hahn-Meitner-Institut Berlin

HRSEM	High-resolution scanning electron microscopy	INSPIRE	Infraestructura de Datos Territoriales
HRTEM	High Resolution Transmission Electron Microscopy	INTA	Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial
HST	Hubble Space Telescope	INTA-DIE	División de Investigaciones Espaciales (INTA)
HTTP	Hypertext Transfer Protocol	IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission
I+D+I	Investigación, Desarrollo e Innovación	IODP	Integrated Ocean Drilling Program
IAA	Instituto Astrofísico de Andalucía	IP	Internet Protocol, Intellectual Property
IAC	Instituto Astrofísico de Canarias	IPTS	Institute for prospective technological studies
IAGA	International Association of Geomagnetism and Aeronomy	IPv6	Internet Protocol Versión 6
IBW	Ion Bernstein Waves	IRAM	Instituto de Radioastronomía Radiométrica
ICARUS	Imaging Cosmic And Rare Underground Signal	IRIS	Red IRIS
ICC	Instituto Cartográfico de Cataluña	ISCSI	Internet Small Computer Systems Interface
ICES	International Council for the Exploration of the Sea	ISIS	Fuente de neutrones ISIS
ICM	Instituto de Ciencias del Mar	ISO	Satélite-Observatorio Espacial Infrarrojo
ICP-AES	Inductively coupled plasma optical emission spectroscopy	ISOLDE	On-Line Isotope Mass Separator
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry	ISOM	Instituto de Sistemas Optoelectrónicos y Microtecnología
ICRH	Ion Cyclotron Radiofrequency Heating	ISS	Estación Espacial Internacional
ICT	Information and Communications Technology	IST	Information Society Technologies
IDR/UPM	Instituto "Ignacio da Riva" de la Universidad Politécnica de Madrid	ITEA	Information Technology for European
IDS	Intrusion Detection Systems	ITER	International Thermonuclear Experimental Reactor
IEEC	Instituto de Estudios Espaciales de Cataluña	ITU	International Telecommunication Union
IEO	Instituto Español de Oceanografía	IUE	Satélite-Explorador Ultravioleta Internacional
IETF	Internet Engineering Task Force	JCR	Journal Citation Report
IFCA	Instituto de Física de Cantabria	JET	Joint European Torus
IFCP	Internet Fibre Channel Protocol	JEODI	Joint European Ocean Drilling Initiative
IGBP	International Geosphere-Biosphere Program	J-PARC	Japan Proton Accelerator Research Center
IGN	Instituto Geográfico Nacional	JTC1	Joint Technical Committee
ILL	Institut Laue-Langevin	JWST	James Webb Space Telescope
IN2P3	Instituto Nacional de Física Nuclear y Física de Partículas	K2K	Long-baseline Neutrino Oscillation Experiment. Japón
INE	Instituto Nacional de Estadística	KBE	Knowledge Based Engineering
INFN	Instituto Nacional de Física Nuclear	KBS	Knowledge Based Systems
INIA	Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria		
INSERM	Instituto Nacional Francés de la Salud y de la Investigación Médica		

KEK	High Energy Accelerator Research Organization. Japón	MOEMS	Micro Opto Electro Mechanical Systems
LA_ICP_MS	Laser Ablation probe	MPLS	Multi Protocol Label Switching
LAEFF	Laboratorio de Astrofísica Espacial y Física Fundamental	MT	Media Tensión
LCAP	Ley 13/1995, de Contratos de las Administraciones Públicas	NAS	Network Attached Storage
LCD	Liquid Cristal Display	NASA	Agencia Espacial de Estados Unidos
LHC	Large Hadron Collider	NASDA	Agencia Espacial Japonesa
LHCb	Large Hadron Collider beauty experiment	NBI	Neutral Beam Injection
LHCG	Large Hadron Collider -Geodesy and geometry	NBQ	Nuclear, Bacteriológico y Químico
LIDAR	Light Detection And Ranging	NEMS	Nano Electro Mechanical Systems
LIFE	"The Financial Instrument for the Environment". Programa europeo	NEOTEC	Nuevas Empresas Tecnológicas
LISA	Misión ESA-NASA para estudio de ondas gravitacionales	NSF	National Science Foundation
LMDS	Local Multipoint Distribution Service	NTOF	Neutron Time-Of-Flight
LOICZ	Elemento del Programa Internacional Geosfera Biosfera, dedicado a las Interacciones Tierra Océano en zonas costeras	OAEO	Organización Europea de Armamento
LOU	Ley Orgánica de Universidades	OAN	Observatorio Astronómico Nacional
LQCA	Laboratorio Químico Central de Armamento	OBS	Optical Burst Switching
LURE	Laboratorio para la Utilización de las Radiaciones Electromagnéticas	OCCAR	Organización Conjunta de Cooperación en materia de Armamentos
LLB	Laboratoire Leon Brillouin. Francia	OCEANS	Programa componente del United Nations Environment Programme
M2M	Machine-to-Machine	OCS	Optical Circuit Switching
MAB	Man and the Biosphere. Programa de la UNESCO	OECD	Organización para la cooperación y desarrollo económico
MAGIC	Major Atmospheric Gamma-Ray Imaging Cherenkov Telescope	OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
MARS	Centro (Italiano) de Apoyo a Investigaciones en Microgravedad	OMG	Object Management Group
MAS	The minority of the aquatic sciences programe	OMM	Organización Meteorológica Mundial
MCM	Multi Chip Module	OOAA	Organismos Autónomos
MECCA	Multi-Agent Environment for Constructing Cooperative Applications	OPI	Organismo Público de Investigación
MEDEA	Microelectronics Development for European Applications	OPS	Optical Packet Switching
MEMS	Micro Electro Mechanical Systems	OTRIS	Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación
MIMO	Multiple Input Multiple Output	P2P	Peer to Peer
MMIC	Monolithic Microwave Integrated Circuits	PAC	Política Agraria Común
		PACs	P1 artificial chromosome
		PCC	Prague Capabilities Commitment
		PDID	Plan Director de I+D de Defensa
		PDM	Product Data Management
		PEC	Polígono de Experiencias de Carabanchel
		PIDEA	Packing and Interconnection Development for European Applications

PKI	Public Key Infrastructure	SNS	Spallation Neutron Source. EE.UU.
PLANCK	Misión ESA de estudio de la radiación cósmica de fondo	SNS	Sistema Nacional de Salud
PLC	Programmable Logical Controller	SOHO	Solar and Heliospheric Observatory
PLM	Product Lifecycle Management	Solar Orbiter	Misión ESA de astrofísica solar.
PM	Programa Marco	SOLEIL	Source Optimisée de Lumière d'Énergie Intermédiaire
PROFIT	Programa de Fomento de la Investigación Técnica	SONS	Self-Organised Nano-Structures
PS	Proton Synchrotron	SOST	Spanish Office for Science and Technology. Oficina española en Bruselas para la Ciencia y la Tecnología.
PSI	Paul Scherrer Institut. Suiza		
PYME	Pequeña y mediana empresa		
QoS	Quality of Service		
RF	Radio Frecuencia	SPAINSAT	Sistema de satélites de telecomunicación militar español
RFID	Radio Frequency Identification	SPM	Scanning Probe Microscopy
RMN	Resonancia magnética nuclear	SPS	Super Proton Synchrotron
RNA	Acido ribonucleico	SSM	Spanish Soyuz Misión
RSME	Real Sociedad Matemática Española	SST	Seguridad y Salud en el trabajo
RTP	Real Time Protocol	SUSTECH	SUSustainable TECHNOlogies for the process industries
SAN	Storage Area Network		
SCALOP	Standing Committee	TCF	Total Chlorine Free
on Antarctic Logistics and Operations		TCP	Transport Control Protocol
SCAR	Scientific Committee on Antarctic Research	TEC	Thermoelectric Cooler
SCM	Sociedad Catalana de Matemáticas	TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
SCTP	Stream Control Transmission Protocol	TIMS	Thermal Ionization Mass Spectrometry
SEDISI	Asociación Española de Empresas de Tecnologías de la Información	TPYCEA	Taller de Precisión y Centro Electrotécnico de Artillería
SEIO	Sociedad de Estadística e Investigación Operativa	TV	Television
SEMA	Sociedad Española de Matemática Aplicada	UDP	User Datagram Protocol
SGTF	Sub Group Test Facilities	UE	Unión Europea
SI	Sociedad de la Información	UEO	Unión Europea Occidental
SiC	Carburo de Silicio	UGBO	Unidad de Gestión de Buques Oceanográficos
SiCN	Silicon Carbide Nitride	UGTMS	Urban Guided Transport Management System
SIG	Sistema de Información Geográfica	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
SiGe	Silicio-Germanio	UN	United Nations
SLAC	Stanford Linear Accelerator Center	UNEP	United Nations Environmental Programme
SMART-2/3	Misiones ESA demostradores tecnológicos para LISA y Darwin.	USOC	Centro de Asistencia a Usuarios y Operaciones
SMOS	Misión ESA para la medida de la humedad del suelo y salinidad de los océanos.	UTM	Unidad de Tecnología Marina
		UWB	Ultra Wide Band
SNMP	Simple Network Management Protocol	Venus Express	Misión ESA para estudio de la atmósfera de Venus

VILSPA	Estación de Seguimiento ESA situada en Villafranca del Castillo	WLAN	Wireless Local Area Network
VLT	Very Large Telescope Interferometer	WLL	Wireless Local Loop
VoD	Video on Demand	XDSL	X Digital Subscriber Line
VoIP	Voice over IP	XEUS	Misión ESA para astrofísica de rayos X
W3C	World Wide Web Consortium	XML	Extensible Markup Language
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access	XPS	X-ray Photo-electron Spectroscopy
WDM	Wavelength Division Multiplexing	YACs	Yeast Artificial Chromosomes
Wi-Fi	Wireless Fidelity		

