

# **A** ULAS DE VERANO

Instituto  
Superior de  
Formación del  
Profesorado

## GRANDES AVANCES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CULTURA Y DEPORTE

H/ 6290

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA  
BIBLIOTECA  
09 JUL 2007  
ENTRADA  
DONATIVO

MA-16821  
(N.C.)



H/6290



# GRANDES AVANCES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CULTURA Y DEPORTE

SECRETARÍA GENERAL  
DE EDUCACIÓN  
Y FORMACIÓN PROFESIONAL

INSTITUTO SUPERIOR  
DE FORMACIÓN  
DEL PROFESORADO

BIBLIOMEC



088657



R.162847



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE**  
**SECRETARÍA GENERAL DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN PROFESIONAL**  
Instituto Superior de Formación del Profesorado

Edita:

© SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA  
Subdirección General de Información y Publicaciones

N.I.P.O.: 176-01-197-7

I.S.B.N.: 84-369-3536-5

Depósito Legal: M. 53.661-2001

Imprime: IMPRESA

A cuantos han hecho posible el curso origen de esta publicación: a D. Ernesto Castañeda Martín, quien lo ha dirigido con acierto; a D. Francisco Morugán Arias, que lo ha vivido minuto a minuto desde su gestación; a todos los profesores ponentes por su magnífico trabajo fruto, sin duda, de su esfuerzo y buena disposición demostrada, y a todos los asistentes que con sus aportaciones lo han enriquecido.



**Colección:** AULAS DE VERANO

**Serie:** Técnicas

## **GRANDES AVANCES DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA**

La globalización y especialización que afecta a los distintos ámbitos de la vida, incide directamente sobre el intercambio mundial de productos químicos. Por ello, conscientes del dinamismo e intensidad alcanzado por estas ciencias en las últimas décadas, queremos contribuir a ampliar la formación de los docentes en esta disciplina e, igualmente, proporcionar los conocimientos que les permitan desarrollar con competencia su práctica docente.

Este volumen tiene como objetivo analizar los avances científicos y tecnológicos de la Química durante el siglo XX, estudiar el impacto que estos descubrimientos han producido sobre la sociedad y el grado en que han contribuido a mejorar la calidad de vida del ciudadano. También se tratarán contenidos relativos a los nuevos materiales, la incidencia ambiental de la industria química y sus derivados y los futuros interrogantes de la Química para el siglo XXI.

**Dirección editorial del volumen *Grandes avances de la Ciencia y la Tecnología*:** ERNESTO CASTAÑEDA MARTÍN

**Coordinación:** MORUGÁN ARIAS, *Francisco*

**Autores:**

CASTAÑEDA MARTÍN, Ernesto  
CEDENILLA MARTÍN, Octavio  
JIMÉNEZ GÓMEZ, Segundo  
MAHÓN TABERNERO, Mercedes  
MORUGÁN ARIAS, Francisco  
NAVA CANO, Juan José  
PICO MARÍN, Carlos  
TAPIA MERINO, José Ramón



## ÍNDICE

<i>Los plásticos: el material de nuestro siglo</i> .....	11
Ernesto Castañeda Martín	
<i>Proyección social de la ciencia: Educación y Ética ante las nuevas tecnologías</i> .....	41
Segundo Jiménez Gómez	
<i>Educación Secundaria y empleo. La familia química</i> ....	61
Francisco Morugán Arias	
<i>Educación ambiental en España</i> .....	91
Mercedes Mahón Tabernero	
<i>Investigación y medio ambiente. Métodos analíticos</i> ....	117
Octavio Cedenilla Martín	
<i>Materiales básicos en las nuevas tecnologías</i> .....	143
José Ramón Tapia Merino	
<i>Materiales inorgánicos</i> .....	169
Carlos Pico Marín	
<i>La industria química en el siglo XXI. Desarrollo sostenible</i> .....	189
Juan José Nava Cano	

*Futuros interrogantes de la Química* ..... 221

Ernesto Castañeda Martín

Ediciones del Instituto Superior de Formación  
del Profesorado. Servicio de Publicaciones  
del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte ..... 237

# LOS PLÁSTICOS: EL MATERIAL DE NUESTRO SIGLO

Ernesto Castañeda Martín  
Catedrático de Ingeniería Química ETSI de Telecomunicaciones.  
Universidad Politécnica de Madrid

## INTRODUCCIÓN

De las varias denominaciones posibles con que podría calificarse el siglo XX, qué duda cabe que una de ellas sería la del “*siglo de los plásticos*”, por el enorme desarrollo e incidencia que han tenido y tienen en el que hacer diario.

Si bien la utilización de polímeros naturales como madera, lana, caucho, cuero y seda ha sido habitual a lo largo de cientos de años, fue a principios del siglo XX, cuando se determinó la estructura molecular de estos materiales, lo que abrió las puertas a la síntesis de numerosos polímeros a partir de pequeñas moléculas orgánicas. Desde el final de la Segunda Guerra Mundial, su empleo ha alcanzado tales niveles que bien puede hablarse de revolución en el campo de los materiales, y todo ello por dos razones fundamentales: la síntesis y su precio final suelen ser baratos y las propiedades conseguidas comparables, e incluso superiores, a las de los materiales tradicionales.

A título de ejemplo, el consumo de plásticos en España se sitúa por encima de los 100 Kg/habitante y año, con una facturación para el sector industrial superior a los 2 billones de pesetas, equivalentes al 2,3% del PIB y al 33% del sector químico en su conjunto. Considero que la importancia de estas cifras releva de cualquier comentario.

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS POLÍMEROS

### Unidades estructurales y masa molecular

Los plásticos, más correctamente llamados polímeros, están constituidos por moléculas gigantes o macromoléculas formadas por la unión de miles de moléculas sencillas, llamadas “*monómeros*”, mediante reacciones de polimerización, dando lugar dentro de la cadena a la repetición indefinida de ciertas partes o grupos denominados “*unidades estructurales*”.



Las moléculas de un mismo polímero son iguales químicamente pero, al contrario de lo que sucede en las moléculas sencillas ordinarias, no tienen la misma masa molecular, por ser diferente el número de veces que se repite la unidad estructural básica. Por tanto, la masa molecular es una magnitud media de la de todas las diferentes moléculas individuales.

Esta media puede hacerse de varias maneras. Las dos más importantes son:

- Masa molecular promedio en número:

$$M_n = \frac{m}{\sum n_i} = \frac{\sum n_i M_i}{\sum n_i}$$

Representa el peso de una muestra de polímero,  $m$ , dividido por el número total de moléculas que contiene,  $\sum n_i$ , siendo  $n_i$  el número de moléculas idénticas de la especie  $i$ , cuya masa molecular es  $M_i$ .

- Masa molecular promedio en peso:

$$M_w = \sum w_i M_i$$

Representa la contribución de las diferentes especies moleculares medida según la fracción en peso,  $w_i$ , en vez de por su número.

Cuando  $M_w \approx M_n$ , se dice que el polímero es *homogéneo* y cuanto mayor sea la diferencia será más *heterogéneo*.

En general, al aumentar la masa molecular aumenta la temperatura de fusión o la de ablandamiento, ya que se incrementa la intensidad de las uniones intermoleculares.

## Tipos de polímeros

Desde el punto de vista de las propiedades físicas, que determina gran parte de sus aplicaciones, los polímeros sólidos pueden ser:

– *Termoplásticos*. Se ablandan y se pueden moldear por calentamiento, endureciéndose al enfriarse, si bien se vuelven a reblandecer cuando se calientan de nuevo. Es decir, presentan el comportamiento característico de los vidrios. Ej.: PE, PVC, PP...

– *Termoestables*. Fluyen en caliente al someterlos a presión, pero se endurecen al seguir calentándolos, por lo que también se llaman termoendurecibles. Este hecho permite desmoldearlos en caliente. Ej.: resinas fenol-formaldehído, urea-formaldehído...

– *Elastómeros*. Experimentan deformaciones elásticas al aplicar una fuerza sobre ellos, pudiendo recuperar su forma original al cesar la fuerza. Ej.: los cauchos o gomas.

## Estructura y propiedades

Las propiedades físicas de los polímeros están, como es lógico, íntimamente relacionadas con su estructura. Así tenemos (Fig. 1)



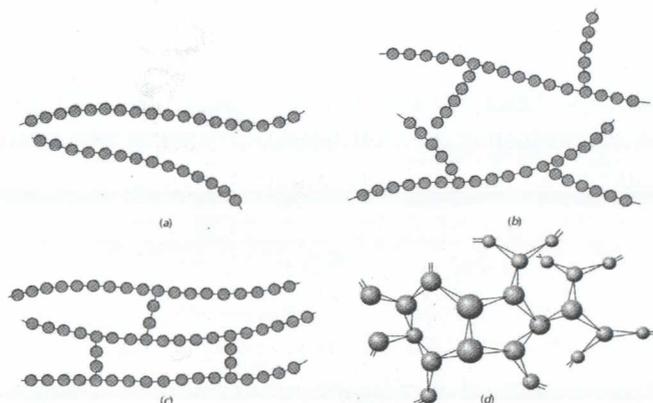


Fig. 1

Los *polímeros lineales* (a) y los *ramificados* (b) están formados por largas cadenas sin y con ramificaciones, respectivamente, pero que no están unidas entre sí por enlaces covalentes, sino que entre ellas actúan las débiles fuerzas de Van der Waals o enlaces de hidrógeno, por lo que en caliente se vuelven fluidos y se pueden moldear y también estirar en forma de fibras. A estos tipos corresponden los termoplásticos y los elastómeros.

Los polímeros *entrecruzados* (c) se caracterizan porque sus cadenas están unidas unas con otras a través de fuertes enlaces covalentes. En esta misma línea, un caso extremo lo constituyen los *polímeros reticulados* (d), formados a partir de unidades monoméricas trifuncionales, lo que permite que las cadenas formen entre sí auténticas redes tridimensionales, por ello, estos polímeros son prácticamente insolubles, duros, infusibles y rígidos. A estos tipos pertenecen los polímeros termoestables.

## Cristalinidad

Las grandes moléculas que constituyen el polímero encuentran, como es lógico, serias dificultades para ordenarse según un retículo cristalino durante el proceso de solidificación. Por ello, las sustancias macromoleculares son, en general, amorfas, no obstante por difracción de rayos X pudo comprobarse que no son completamente amorfas, sino que pueden presentar un grado de cristalinidad variable según el tipo de polímero.

Uno de los primeros modelos planteados para explicar esta cristalinidad fue el de la *micela con flecos* (Fig. 2): un polímero semi-cristalino consta de pequeñas regiones cristalinas, *cristalitas*, con cadenas poliméricas alineadas, embebidas en una matriz polimérica amorfa, compuesta de moléculas orientadas al azar.

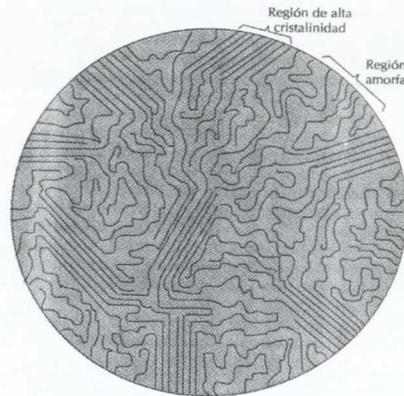


Fig. 2

Más recientemente los desarrollos se han centrado en el crecimiento de cristales monoméricos a partir de disoluciones diluidas. Dichos cristales estarían formados por placas delgadas o laminillas dispuestas en una estructura multicapa. Cada laminilla estaría formada por cadenas que se pliegan sobre sí mismas, de ahí el nombre de *modelo de cadena plegada*, con los dobleces de las cadenas situados en las caras de la laminilla. (Fig. 3)

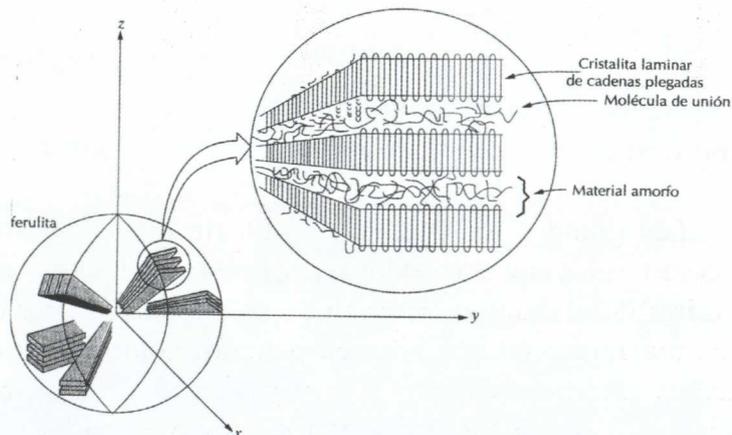


Fig. 3

La mayoría de los polímeros que cristalizan a partir de un líquido forman *esferulitas*, entendiendo por tal agregados de cristales de cadena plagada dispuestos en forma esférica y en la que los cristales laminares están separados por material amorfo, si bien existen unas moléculas de unión que conectan las laminillas contiguas a través de las formas amorfas. (Fig. 4)

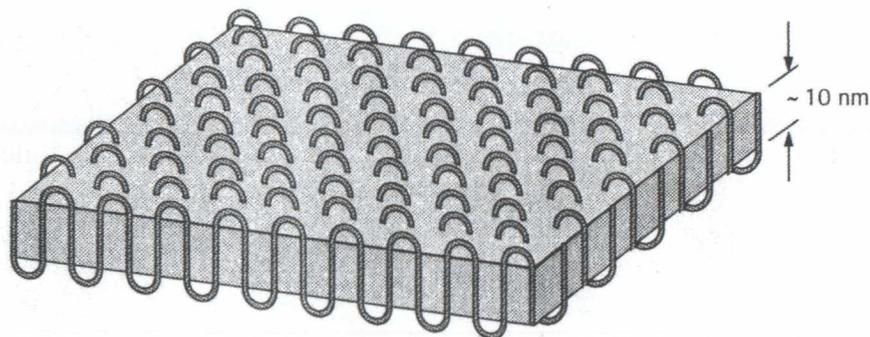


Fig. 4

El grado de cristalinidad de los polímeros depende de la estructura molecular. Así, la cristalización es fácil en los polímeros lineales, por no haber impedimentos para el alineamiento de las cadenas. Los polímeros ramificados nunca son totalmente cristalinos, pues las ramificaciones dificultan la cristalización. Los polímeros reticulados son casi totalmente amorfos y los entrecruzados presentan grados variables de cristalinidad.

En cualquier caso, las cadenas simples y las velocidades lentas de enfriamiento propician la cristalización. Además, la deformación alinea y endurece las cadenas, produciendo una orientación preferencial que incrementa el grado de cristalinidad.

Como la densidad de un polímero cristalino, (a igualdad de masa molecular), es mayor que la de uno amorfo, debido al mayor empaquetamiento de las cadenas, el grado de cristalinidad se determina por medidas de densidad:

$$\% \text{ cristalinidad} = \frac{\rho_m (\rho_s - \rho_a)}{\rho_s (\rho_m - \rho_a)} \times 100$$

Siendo  $\rho_m$  la densidad de la muestra a determinar,  $\rho_s$  la del polímero totalmente cristalino y  $\rho_a$  la del polímero totalmente amorfo.

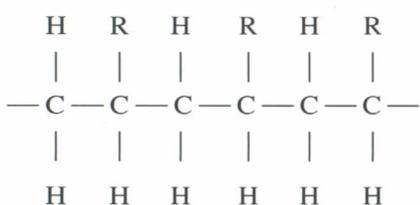
Normalmente, los polímeros cristalinos tienen no sólo mayor densidad, sino mejores propiedades mecánicas, pero mucha peor transparencia que los amorfos o vítreos.

### Configuraciones moleculares: estereoisomería e isomería geométrica

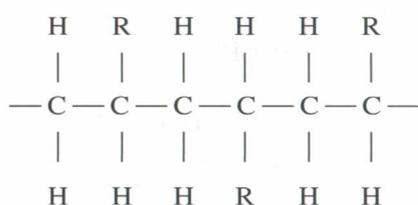
Los átomos que forman una macromolécula pueden adoptar diversas posiciones relativas dando lugar a distintas configuraciones.

#### Estereoisomería

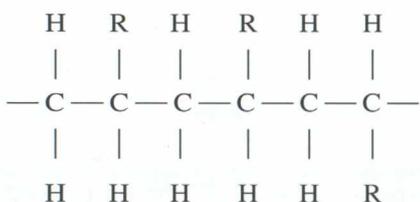
En los polímeros en los que alguno de los átomos de hidrógeno de la cadena ha sido sustituido por otro átomo o radical, pueden presentar varios estereoisómeros: (Fig. 5)



*Isotáctico*



*Sindiotáctico*



*Atáctico*

Fig. 5

En el estereoisómero *isotáctico*, todos los grupos R se encuentran al mismo lado de la cadena. En el *sindiotáctico* rigurosamente

alternados y en el *atáctico* (que es el más corriente) la ordenación es al azar.

La interconversión de un estereoisómero en otro no es posible por simple rotación.

Si bien la configuración atáctica es la más frecuente, la obtención de polímeros estereorregulares se ha visto facilitada por el empleo de los catalizadores de Ziegler-Natta, mediante la polimerización por coordinación que posteriormente se comentará. Los polímeros estereorregulares tienen un mayor grado de cristalinidad, por lo que poseen mayor resistencia mecánica, mayor dureza y posibilitan su preparación en forma de fibras. De ahí su interés industrial.

### Isomería geométrica

En las macromoléculas con dobles enlaces en la cadena, los átomos o radicales unidos a los carbonos del doble enlace pueden situarse a un lado u otro, dando lugar a los isómeros *cis* o *trans*. Por ejemplo: 1,4-poliisopreno: (Fig. 6)

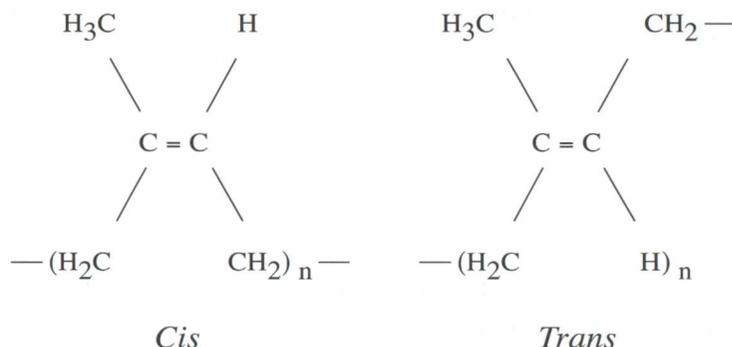


Fig. 6

La conversión de *cis* a *trans* o viceversa, no es posible pues el doble enlace impide la rotación de la cadena.

El isómero *cis* es el caucho natural, muy elástico, mientras que el *trans* es la balata o gutapercha no elástica, con propiedades muy diferentes.

Todas estas características generales comentadas, influyen decisivamente en el comportamiento de los diversos polímeros y, por tanto, en sus posibles aplicaciones.

## MECANISMOS DE POLIMERIZACIÓN

La obtención de los polímeros a partir de los monómeros, puede seguir varios caminos según la naturaleza de los monómeros y los catalizadores empleados.

### Polimerización por adición

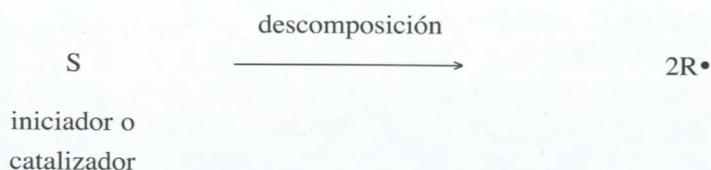
En los polímeros por adición es necesario que el *aducto* (producto de adición) de los dos monómeros, sea capaz de intervenir en otra reacción de adición para que el proceso continúe hasta formar una macromolécula. De lo contrario, la adición se suspendería después de la primera etapa.

Estas polimerizaciones constan de tres etapas: iniciación, propagación y terminación. Los monómeros suelen ser sustancias que poseen uno o varios dobles enlaces carbono-carbono. Según el tipo de iniciador, la polimerización puede ser radicalaria o iónica.

#### Polimerización por radicales libres

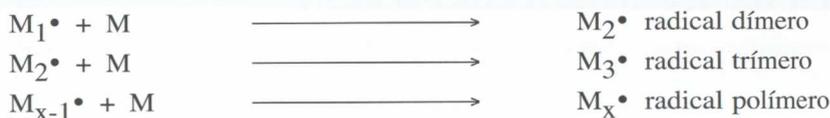
El iniciador es una sustancia capaz de generar radicales libres. Normalmente se emplean peróxidos orgánicos tipo  $R-O-O-R$ . El esquema de la reacción es el siguiente:

– Iniciación





– Propagación



– Terminación



Si la velocidad de terminación es mayor que la de iniciación, el proceso se hace lento. Si la de iniciación es la mayor, el proceso total puede progresar demasiado y formar productos no deseables. Por ello, el iniciador se añade de manera que se mantenga una concentración constante de radicales.

Cuanto mayor sea la cantidad de catalizador empleada, más cortas serán las cadenas del polímero, ya que es mayor el número de cadenas en crecimiento, quedando menos moléculas fundamentales utilizables para la formación de una cadena.

Asimismo, el empleo de temperaturas más altas hace que aumente el número de choques, con lo que también se obtienen cadenas más cortas. Igualmente, la calefacción también favorece la formación de cadenas ramificadas, pues al producirse un choque puede ser expulsado un átomo de H de un átomo de carbono, iniciándose una cadena lateral en dicho punto.

Finalmente, la interrupción de la cadena, con la consiguiente terminación, puede producirse no sólo por el choque simultáneo de los radicales, sino también por adición de un átomo extraño.

### Polimerización catiónica

Los iniciadores son de tipo catiónico o generadores de cationes. Como ejemplo, tenemos la polimerización del isobuteno a caucho butílico:

## – Iniciación



## – Propagación



## – Terminación

El proceso se terminará por reacción con un anión:



Ión polímero

polímero

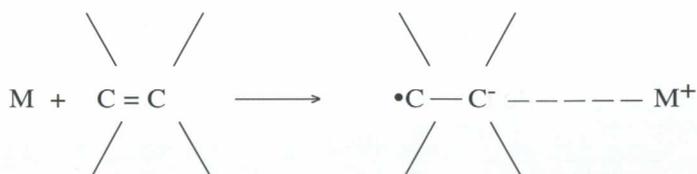
### Polimerización aniónica

La generalización de mecanismos y esquemas cinéticos en la polimerización aniónica es prácticamente imposible, jugando un papel muy importante la constante dieléctrica del disolvente o medio de reacción, las posibilidades de transferencia al monómero y al disolvente, la naturaleza química del catalizador, el tamaño del contraión, etc. Por ello, consideraremos algunos casos más característicos:

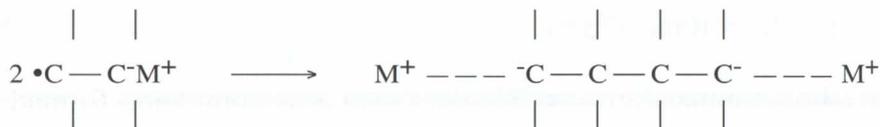
– Las sustancias capaces de iniciar la polimerización aniónica de *monómeros olefínicos* y *diénicos*.

- *Sustancias iónicas o ionogénicas* tipo  $\text{X}^+\text{Y}^-$  ó  $\text{X}^+ \text{---} \text{Y}^-$ , en las que el anión  $\text{Y}^-$  es capaz de añadirse al doble enlace formando un carbanión.  $\text{X}^+$  suele ser un catión de un metal alcalino o alcalinotérreo. Ejemplos típicos serían el alquillitio (ionógeno), las amidas de los alcalinos y los alcóxidos o alcoholatos (iónicos).

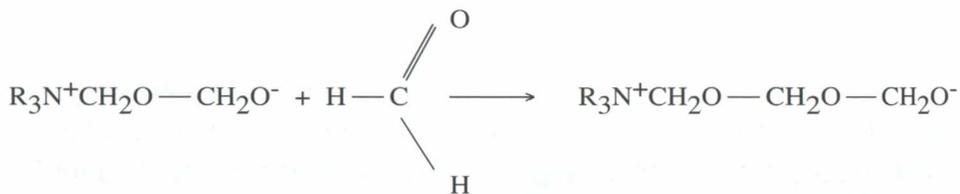
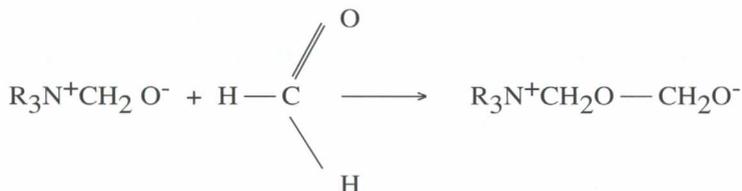
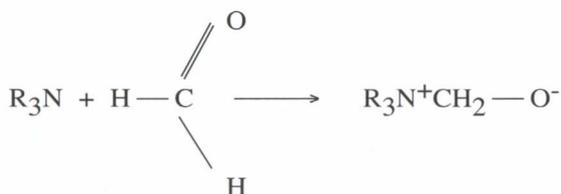
- *Los metales alcalinos*, capaces de donar un electrón con formación de un ión radical:



Que dimeriza para formar un dianión que se propaga:



– En el caso de monómeros conteniendo un *grupo carbonilo*, hay que tener en cuenta la fuerza de la base que ha de iniciar la polimerización, en función de los sustituyentes unidos al grupo carbonilo. Ej.: obtención de polioximetileno con aminas terciarias:



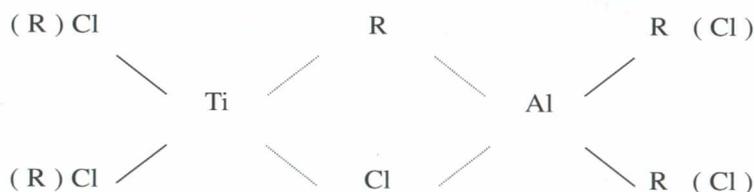
La reacción tiene lugar por ataque nucleófilo de la amina sobre el grupo carbonilo, seguido de propagación.

Polimerización por coordinación (estereoespecífica)

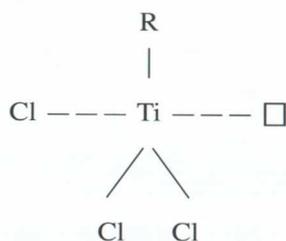
El mecanismo de la polimerización por coordinación puede ser aniónico, catiónico o radical. Lo que caracteriza a este tipo de polimerización es el empleo de los sistemas catalíticos Ziegler-Natta que permiten la formación de un complejo de coordinación, o cuando menos, una fuerza directora que gobierna la orientación con la que el monómero se acerca al extremo de la cadena en crecimiento, propiciando la formación de polímeros estereorregulares.

Los catalizadores de Ziegler-Natta son complejos formados por la interacción de alquilos de los metales de los grupos I, II y XIII del Sistema Periódico, con haluros y otros derivados de los metales de transición de los grupos IV a VIII.

Las especies activas pueden ser bimetálicas y monometálicas. Así, los dos tipos resultado de la interacción del  $\text{TiCl}_4$  con  $\text{AlR}_3$  serían:



Estructura formada con intercambio de los grupos R y Cl.



Estructura que procede esencialmente de la alquilación del cloruro de titanio por un compuesto organometálico, en el que  $\square$  representa un orbital octaédrico de Ti vacante.

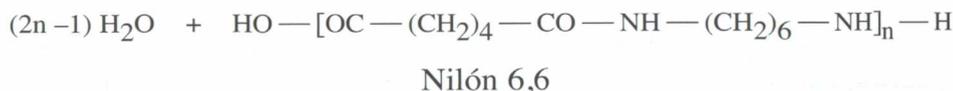
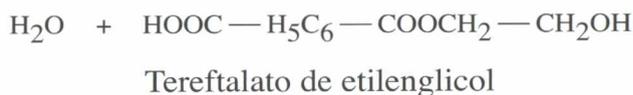
Si bien los sistemas Ziegler-Natta se han utilizado fundamentalmente con *monómeros apolares*, también pueden sufrir polimeriza-

ción estereoespecífica algunos monómeros polares, como el metacrilato de metilo y los éteres vinílicos, en condiciones adecuadas de temperatura, disolvente e iniciador.

### Polimerización por condensación

Mientras que la polimerización por adición se basa en una reacción en cadena, cuyos eslabones son las moléculas en crecimiento, la de condensación se produce paso a paso (por etapas), por sucesivas condensaciones entre moléculas polifuncionales, originando un subproducto de baja masa molecular, como el agua, que se elimina. Las sustancias reactivas tienen fórmulas químicas diferentes de la unidad que se repite y la reacción intermolecular ocurre cada vez que se forma una unidad repetitiva.

Ejemplos característicos serían la obtención del politereftalato de etilenglicol (Tergal) y del Nilón.

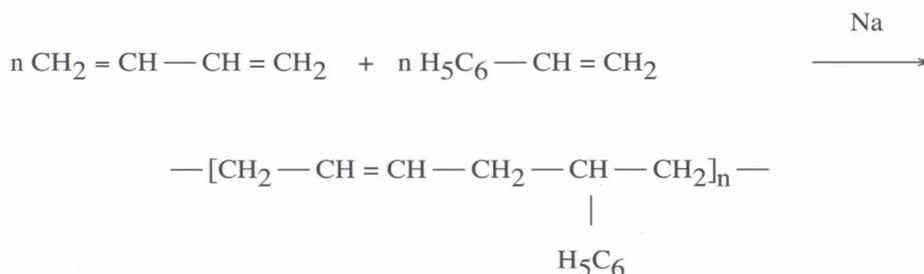


Los tiempos de reacción de la policondensación son mayores que en la poliadición, incluso suficientemente largos si se quieren obtener masas moleculares altas, pues es necesario completar la conversión de los monómeros reactivos.

Cuando en la reacción se utilizan monómeros tri o tetrafuncionales, el crecimiento de la molécula tiene lugar en tres o cuatro direcciones obteniéndose polímeros entrecruzados o reticulados, caso de las resinas alquídicas obtenidas por condensación de la glicerina (3 — OH) y anhídrido ftálico (2 — COOH).

## COPOLÍMEROS

En las reacciones de copolimerización es posible incorporar *más de un monómero diferente* a la misma cadena, recibiendo entonces el nombre de *copolímero*. Esto es lo habitual en las policondensaciones, pero también se puede realizar vía poliadición, caso por ejemplo del caucho Buna S (butadieno-estireno con sodio de catalizador):



Con la típica adición 1,4 a un dieno conjugado y la formación de un doble enlace en 2,3.

En general, la composición de los copolímeros no coincide con la mezcla inicial de monómeros, sino que depende además de la reactividad relativa de cada uno de ellos, reactividad que se mide por el *radio de copolimerización*. El más reactivo se incorpora más deprisa a la macromolécula en crecimiento, y, por tanto, la mezcla de reacción se empobrecerá en este monómero. Como consecuencia, la composición de los copolímeros varía a lo largo de la reacción, lo que suele representar un inconveniente cara a las aplicaciones del copolímero.

La incorporación de ambos monómeros al copolímero puede ocurrir de varias maneras, dando lugar a 4 tipos de copolímeros llamados al azar, alternados, en bloque y de injerto.

– En los copolímeros al azar (los más útiles industrialmente), las unidades estructurales derivadas de ambos monómeros alternan a lo largo de la cadena en forma desordenada. Si representamos por A y B cada una de las unidades la estructura sería:



Es el tipo de copolímero más corriente. Su composición global esta determinada principalmente por la composición de la mezcla de partida, reactividad de los monómeros y condiciones de polimerización (catalizador, temperatura, disolvente ...).

– En los copolímeros alternados, las dos unidades estructurales se van alternando en las posiciones de la cadena:



Son muy poco frecuentes.

– En los copolímeros en bloque, las unidades alternan en secuencias homogéneas, no necesariamente del mismo tamaño:



Su obtención es mucho más difícil que la de los copolímeros al azar.

– Los copolímeros de injerto, son similares a los de bloque, pero con estructura ramificada del tipo:



En ambos casos el sistema polimerizante está formado por un *monómero* y un *iniciador* o catalizador. Esto hace que la contaminación del polímero sea mínima, obteniéndose productos de gran pureza. A veces, se añaden también reguladores de cadena.

La polimerización puede efectuarse tanto en estado líquido o fundido como en estado sólido.

### *Características del proceso*

- Cualquier esfuerzo dirigido a aumentar la velocidad de polimerización, utilizando concentraciones más altas de iniciador, va acompañado de una disminución de la masa molecular del polímero, ya que la longitud de la cadena cinética es inversamente proporcional al cuadrado de la concentración de iniciador.
- Conductividad térmica baja en el monómero y el polímero, calor exotérmico de polimerización elevado y viscosidad alta en el sistema polimerizante al avanzar la reacción. Esto hace que el control del proceso, si es vía radical, sea muy difícil por resultar muy complicada la eliminación del calor exotérmico, particularmente dada la alta viscosidad del medio. Este problema no ocurre si la polimerización es vía condensación, ya que el calor exotérmico en la polimerización por etapas es bajo.

### **Polimerización en disolución**

El sistema está formado por el *iniciador*, el *monómero* y un *disolvente* común al iniciador y al monómero, así como al polímero resultante. El disolvente permite que el medio de polimerización permanezca fluido durante todo el proceso, con una viscosidad mucho menor que en el caso anterior. De esta forma, la agitación del sistema y la transferencia del calor exotérmico no crean problemas, con lo que el control térmico puede ser muy riguroso.

A pesar de las ventajas señaladas el sistema también tiene sus *inconvenientes*:

- Se emplean disolventes que, a veces, son caros, tóxicos e inflamables.
- Es difícil aislar el polímero en estado puro, después de la polimerización, eliminando el disolvente.
- Los rendimientos son más bajos que en la polimerización en bloque, pues buena parte del reactor está ocupada por el disolvente.

### Polimerización en suspensión

En este proceso, el monómero o monómeros, insolubles en agua, es dispersado bajo fuerte agitación en un medio acuoso en forma de pequeñas gotitas con un diámetro aproximado de 1 a  $10^{-3}$  cm. La polimerización del monómero en las gotitas dispersadas *sólo* puede hacerse por *vía radical*, utilizándose un *iniciador disuelto en el monómero* para aumentar la polimerización. Además se adicionan pequeñas cantidades de un *agente estabilizante de la dispersión* (coloide protector hidrosoluble tipo éter celulósico o alcohol polivinílico) para asegurar que las gotitas permanezcan dispersa, sin coalescer, durante todo el proceso.

Al término de la reacción, las gotitas de monómero quedan transformadas en partículas sólidas de polímero. Estas partículas tienen la forma de *perlas* si el polímero que se obtiene es soluble en el monómero. Si fuera insoluble, la polimerización de cada gotita es de tipo precipitante, formándose gránulos o polvos de forma irregular.

La muy frecuente utilización de la polimerización en suspensión es debido a sus *ventajas* frente a otras técnicas:

- El calor exotérmico de polimerización se elimina fácilmente gracias a la fase acuosa, la cual posee un calor específico elevado y baja viscosidad.
- El sistema puede ser agitado, y bombeado por medios convencionales. Según la agitación, el diámetro de las partículas oscila entre 0,01 y 0,5 cm.

- La contaminación del polímero es menor que cuando se obtiene por emulsión.
- Permite obtener polímeros con propiedades especiales, por ejemplo alto grado de porosidad.

Entre las *desventajas*, la principal es que el polímero debe ser separado del medio acuoso, normalmente por filtración o centrifugación, y posteriormente debe ser secado.

### Polimerización en emulsión

Es un procedimiento similar al de la suspensión, pero con dos grandes diferencias:

- En vez de utilizarse un coloide protector hidrosoluble como agente estabilizante, se emplean *tensoactivos* que permitan, bajo fuerte agitación, obtener una fina emulsión de monómero en agua.
- El iniciador no debe ser soluble en el monómero sino en el medio acuoso. Así, la reacción, al principio se produce en las micelas de emulsificante-monómero y después en las partículas de monómero-polímero que se forman. Estas partículas de polímero son de *tipo coloidal*, formando un látex.

#### *Ventajas*

- Permite la obtención de masas moleculares altas a velocidades elevadas, a diferencia de los otros métodos. Las masas moleculares altas son necesarias en algunos polímeros, sobre todo cauchos. Las velocidades de polimerización altas reducen los costes de producción.
- El sistema de polimerización permanece fluido durante todo el proceso, lo que permite la eliminación del calor exotérmico y el control de la reacción.
- A veces, los polímeros obtenidos pueden ser utilizados, directamente, en la misma forma en que se obtuvieron.

### *Inconvenientes*

- Si el polímero hay que utilizarlo en estado sólido, es necesario aislarlo a partir del látex, lo que puede resultar complicado.
- El polímero queda impurificado con cantidades relevantes de emulsificante, lo que impide su empleo en aplicaciones que requieran gran pureza y calidad de los materiales.
- Comparada con la polimerización en bloque hay una parte importante del volumen del reactor inutilizable para el monómero, debido al medio de dispersión. Así en procesos industriales, sólo el 40% del volumen del reactor es monómero.

Este método se emplea mucho para la fabricación de cauchos, pinturas, barnices, adhesivos y recubrimientos.

### **Polimerización interfacial**

Se utiliza este proceso en polimerizaciones por etapas. La polimerización transcurre en la *interfase* de dos fases líquidas, una orgánica y la otra acuosa. La fase acuosa contiene un reactivo tipo base de Lewis, por ejemplo una diamina. La fase orgánica lleva un ácido de Lewis, tipo dicloruro de ácido. La reacción se produce a bajas temperaturas en la interfase, donde precipita el polímero formado. La velocidad de reacción está controlada por la difusión de los reactivos y se favorece en los sistemas agitados. Con este método se obtienen masas moleculares altas.

### *Ventajas*

- La pureza de los reactivos no es tan exigente como en las polimerizaciones en bloque.
- No es necesario emplear proporciones estequiométricas de ambos reactivos para obtener masas moleculares elevadas.
- Pueden utilizarse temperaturas bajas, evitándose así reacciones secundarias en polímeros térmicamente inestables.

### *Inconvenientes*

- Precio elevado de los reactivos.
- Grandes cantidades de disolvente necesarios para el proceso.

Por ello, sólo se utiliza para obtener polímeros de alto precio, caso de los policarbonatos.

## **ADITIVOS**

Los polímeros, tal como los hemos comentado hasta ahora, presentan una serie de propiedades intrínsecas. Sin embargo, muchas veces hay que mejorar drásticamente esas propiedades para aumentar su utilidad. Para ello se emplean los *aditivos*. Los principales son:

### **Rellenos**

Se adicionan a los polímeros para mejorar, en general, sus propiedades mecánicas. Como relleno se utiliza sílice, arena, vidrio, talco, caliza, etc., finamente divididos. El coste del producto final suele disminuir dado el bajo precio de estos rellenos que sustituyen parcialmente al polímero.

### **Plastificantes**

Son moléculas de baja masa molecular, o bien cadenas, que se incorporan entre las grandes cadenas poliméricas, aumentando así la distancia entre ellas y reduciendo la fuerza de las uniones intermoleculares. De esta forma, los plastificantes reducen la temperatura de transición vítrea, mejorando la flexibilidad, ductilidad, tenacidad y conformabilidad del polímero.

### **Estabilizantes**

Impiden el deterioro del polímero provocado por el medio ambiente, particularmente por la oxidación y la radiación ultravioleta e, incluso, por el calor.

## Ignífugos o retardadores de la llama

Los polímeros, al tratarse de materiales orgánicos, son inflamables (excepción del PVC y de PTFE). Los aditivos que contienen cloruros, bromuros, fósforo o sales metálicas reducen la posibilidad de que ocurra o se extienda la combustión, formando una fase gaseosa o iniciando una reacción orgánica que enfría la región de combustión y cesa el fuego.

## Colorantes

Dan un color específico al polímero. Se pueden aplicar como tintes o pigmentos. Los *tintes* actúan como disolventes y se incorporan a la estructura molecular del polímero. Los *pigmentos* son como material de relleno, que no se disuelven, sino que permanecen como fases separadas. El pigmento debe resistir las temperaturas y las presiones durante el procesamiento del polímero, debe ser compatible con éste y debe ser estable.

## CONFORMADO DE POLÍMEROS

Las técnicas usadas para conformar polímeros en formas útiles a su destino final, dependen en gran medida de la naturaleza del polímero, especialmente de si es termoplástico o termoestable.

### Conformado de termoplásticos

El polímero es calentado a una temperatura cercana o superior a la de fusión, de modo que se haga plástico o líquido, y a continuación se le da la forma final según una de las siguientes técnicas:

#### Moldeo por inyección (Fig. 7)

El termoplástico calentado por encima de  $T_f$  es forzado dentro de un molde por la acción de un émbolo o un mecanismo especial sin-fín, dándole así la forma adecuada. El molde está refrigerado por agua para enfriar rápidamente la parte plástica. A continuación la pieza es retirada del molde por aire o por expulsores de resorte.

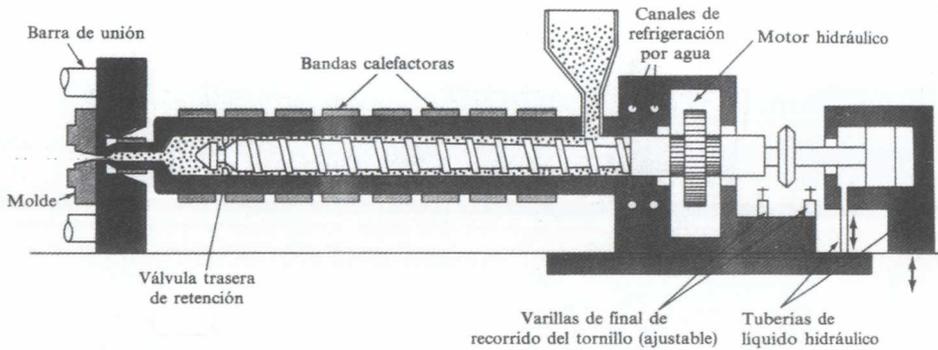


Fig. 7

### Extrusión (Fig. 8)

Se inyecta la resina termoplástica dentro de un cilindro calentado y el plástico fundido se le fuerza a pasar, mediante un tornillo giratorio, a través de una abertura que conduce a una matriz preparada para obtener configuraciones continuas. A la salida de la matriz, se enfria la pieza, por chorro de aire o agua, por debajo de  $T_g$  para asegurar la estabilidad dimensional.

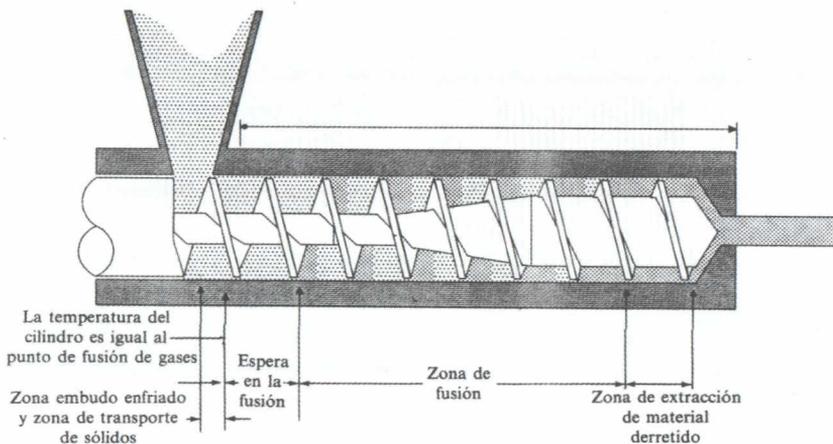


Fig. 8

### Moldeo por soplado (Fig. 9)

Un globo caliente de polímero, llamado *preforma*, es introducido en un molde y mediante gas a presión es expandido contra las paredes del molde.

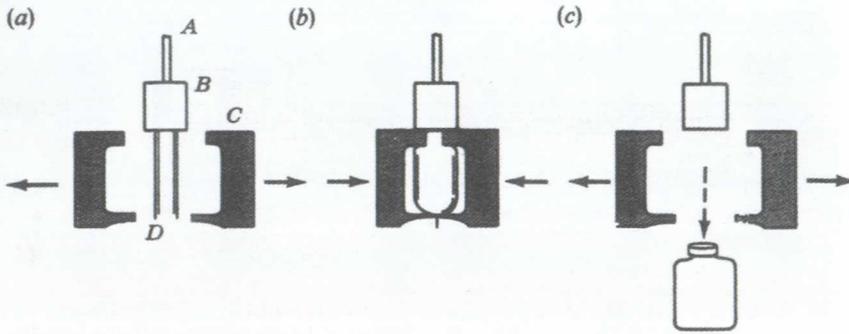


Fig. 9

## Conformado de polímeros termoestables

### Moldeo por compresión (Fig. 10)

Se coloca el material sólido en un molde caliente. La aplicación de presiones y temperaturas altas hace que el polímero se licúe, llene el molde e inmediatamente se endurezca.

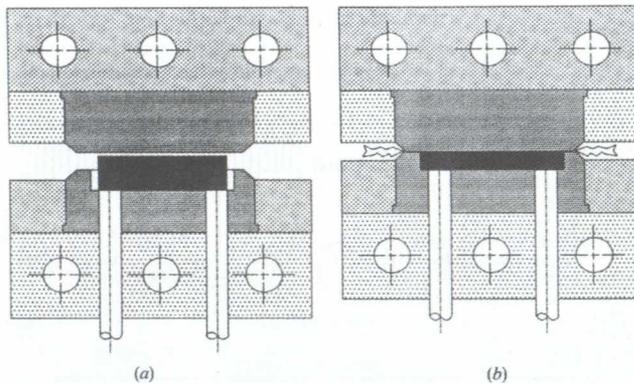


Fig. 10

### Moldeo por transferencia

Se usa un doble intercambiador. El polímero es calentado bajo presión, en un intercambiador. Después de fundido, el polímero es inyectado en el molde adyacente.

### Moldeo por inyección

Algunos compuestos termoestables pueden ser moldeados por inyección, con maquinaria específica tipo rosca alternativa, que incorpora el calentamiento especial y el enfriamiento, para que la resina pueda ser recuperada en el proceso.

## RECICLADO DE PLÁSTICOS

Uno de los problemas derivados del uso masivo de los plásticos es el abandono de los mismos una vez cumplida su finalidad, dadas las dificultades de eliminación que conllevan, provocando el consiguiente deterioro medioambiental. Pero es más, aunque fueran fácilmente eliminados, su destrucción irreversible supone un derroche de energía y materias primas impropio de una sociedad desarrollada. Por ello, hay que plantearse su reciclado en lugar de su eliminación.

La primera actividad en este sentido es la *recogida de los materiales*. Debe destacarse que en España se ha incrementado notabilísimamente la recuperación de los plásticos de aplicación industrial y de aplicación agrícola, esperándose que con las nuevas disposiciones se alcance una recuperación casi total en los próximos años. Mayor dificultad arroja la recogida de estos materiales de las basuras domésticas. Sin embargo, la implantación en varias ciudades de la recogida selectiva ha mejorado la situación, de forma que en este año un 45% de los ciudadanos tienen a su alcance un contenedor amarillo para depositar sus plásticos, esperándose llegar al 74% a finales de 2001. Debe hacerse notar que los tres plásticos más abundantes en las basuras, son el PE, el PVC y el PTE.

Bien, ¿y una vez recogidos qué se puede hacer? Dos son las vías que se plantean actualmente en el ámbito de la Unión Europea: la valorización energética de los polímeros y el reciclado químico.

En la *valorización energética* se pretende aprovechar el poder calorífico de estos materiales para producir energía y electricidad. El sistema resulta particularmente adecuado para los plásticos de aplicación agrícola, ya que el avanzado estado de degradación que presentan

después de su uso hace muy difícil cualquier otro tipo de aprovechamiento. El proceso más tradicional es la *incineración*. Sin embargo los nuevos desarrollos contemplan la utilización de los polímeros como *co-combustibles* (principalmente con carbón), en particular para centrales térmicas y cementeras. Los resultados obtenidos parecen muy esperanzadores.

Más interesante resulta la idea de descomponer los polímeros para recuperar los componentes originales; es lo que se llama *reciclado químico*. No obstante, este sistema presenta mayores dificultades técnicas y económicas, lo que está retrasando su implantación. Conceptualmente, se plantean dos vías: métodos térmicos a temperaturas entre 400 y 800°C, en atmósfera adecuada, y métodos de disolución. Los procedimientos térmicos incluyen la *pirólisis* en atmósfera libre de oxígeno, produciéndose metano y etileno, la *hidrogenación* inyectando hidrógeno al aire y formándose hidrocarburos y la *gasificación* en medio rico en oxígeno, para generar gas de síntesis. La vía de disolución contempla el tratamiento con *disolventes*, en frío, para regenerar los monómeros.



## BIBLIOGRAFÍA

*Anuario de la revista de plásticos modernos*. Focitec. 1985.

CALLISTER, W.D. *Introducción a la ciencia e ingeniería de materiales*. Reverté S.A. 1996.

SMITH, D.R. *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de los materiales*. Mc Graw Hill. 1992.

ASKELAND, D.R. *La ciencia e ingeniería de los materiales*. Grupo Editorial Iberiamérica. 1987.

MARTÍNEZ, T. "El reciclado de envases plásticos en el horizonte de 2001". *Química e Industria*. Vol. 47, n ° 508. 2000.



# PROYECCIÓN SOCIAL DE LA CIENCIA: EDUCACIÓN Y ÉTICA ANTE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

Segundo Jiménez Gómez

Catedrático de Ingeniería Química. Universidad Politécnica de Madrid.  
Académico de la Real Academia de Farmacia

El desarrollo científico del siglo XX, ha sido el motor de la explosión de la Técnica, y ambas han incidido en la sociedad, cuya expresión más clara es el Estado de Bienestar. Pero, en paralelo, un consumismo irrefrenado ha dado lugar a la degradación del Medio, por lo que sólo con una nueva ética se hará viable el crecimiento armónico del sistema ciencia/técnica/sociedad, valorándose lo intelectual, sin olvidar que la educación es una exigencia democrática.

## JUSTIFICACIÓN Y ANTECEDENTES

Hace unos años, dos o tres, tuve oportunidad de intervenir en Cursos de temática relativamente análoga, tanto en los Cursos de Verano de la UCM, como en los que organiza el Colegio Libre de Eméritos, y siempre valoré sus resultados de forma muy positiva por lo que tiene de enriquecedor presentar unas cuestiones que convergen en el objetivo informativo y formativo, al valorar el alcance del progreso de la Ciencia. Me apasiona el tema, en especial si no se limita al mero conocimiento del avance científico y técnico, sino que se extiende hasta valorar su impacto social y ambiental, en el que yo voy a entrar desde una perspectiva global.

Si con muy pocas palabras se quiere evaluar la Ciencia del siglo que termina, hay que hablar de esplendor y globalidad en el conocimiento, masificación en la producción y proyección sobre la Sociedad. Obsérvese que ha sido la Técnica, expansiva e inagotable, quien ha

logrado esta masificación, al apoyarse y asimilar el saber científico. La Ciencia ha irrumpido en el desarrollo técnico produciendo una floresta de conocimientos y de inventos que han modificado las formas de comportamiento, los estilos de vida y las estructuras sociales. Por eso, la Ciencia ha dejado de ser socialmente neutra, y tiene un indiscutible valor social, al haberse implicado en nuestro sistema de convivencia.

Esta influencia social tiene su expresión más clara en lo que se llama Estado de Bienestar, cuyo posibilismo tiene un antecedente científico y técnico, aunque el nombre sea un invento político y su realización actual pertenezca también a este ámbito. En Estado de Bienestar se incluyen un conjunto de valores y bienes, como son: la salud personal y colectiva, alimentación, vivienda, vestido, Educación, comunicaciones, transportes, Cultura, etc., que el Estado debe de hacer accesibles a los ciudadanos, valorándose su gestión por el grado en que lo logre.

Pero en nuestra temática de hoy, quisiera traer a colación la cuestión educativa en conexión con los aspectos éticos, pues mientras éstos rigen las conductas de las personas, aquélla permite que se desarrollen todas las facultades que facilitan sus relaciones de convivencia. Educación es, en todo caso, superar los impulsos y hasta los sentimientos, para no molestar a los demás. El día en que se logre universalizar la educación básica, se habrá dado un paso de gigante en la convivencia social y en la del hombre con el medio en que vive.

Volviendo a la Ciencia y su influencia sobre la Técnica, no se puede silenciar que, junto a un extraordinario abanico de consecuencias positivas, han aparecido una serie de contrapartidas negativas, algunas de las cuales serán objeto de comentario en algún momento de esta exposición, y que en todo caso hay que corregir.

La Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo de las Naciones Unidas (1988), en su Informe "*Nuestro Futuro Común*", correlacionó consumo, deterioro ambiental y pobreza. La propuesta de "desarrollo sostenible" formulada en el Informe, quedó lejos de una definición operativa, pero abrió un nuevo ámbito de responsabilidad al pedir que se adecuara el consumo a los recursos renovables. Nadie negó la dificultad de lograrlo, y no faltaron quienes lo calificaron de

utópico, pero en todo caso fue un avance importante llegar a la evidencia de que el desarrollo sólo mejoraba las condiciones de vida de una parte de la humanidad, mientras que a la deprimida, la sumía más en la pobreza, hasta convertirse en una amenaza para la paz.

Esta disfunción se debe a que el desarrollo social, ocurrido bajo el influjo del progreso técnico, no ha corrido paralelo con el desarrollo humano. Así, se han desplazado a principios y valores que tenían vigencia desde épocas muy remotas, en las que el concepto de Naturaleza estaba vinculado con la Educación y con la Ética. Señala Laín (*Ciclo de Conferencias de la Real Academia Española*. Fundación Ramón Areces. 1991, pág 55) que “*el conocimiento científico no es y no puede ser ciencia de lo absoluto y de lo fundamental, de lo último*”.

## Y PRIMERO FUE LA TÉCNICA

“*La Técnica –decía Vian– es un modo de hacer, cuyo por qué está en la Ciencia y cuyo para qué, cae en el campo de la economía industrial*”. Pero esto sólo ha sido así a partir del momento en que el método científico introdujo nuevas formas para conocer e interpretar la Naturaleza.

Sin embargo, no hace falta ser muy perspicaz para caer en la cuenta de que la Técnica nace, y se hace, merced al ingenio del hombre, y ha tenido una notoria influencia en el comportamiento de la humanidad. Se puede decir hoy, –quizá exageradamente, pero sin que sea un error de bulto–, que el hombre se interesó antes, y por supuesto más, por la Técnica que por la Ciencia.

Y en cuanto se piense un poco, comprenderán que esto es totalmente lógico, puesto que la Técnica no hizo más que permitir al hombre, incluso al prehomínido, adecuar el entorno a sus necesidades, mejorar su comodidad y elevar sus condiciones de vida. La Técnica ha sido consustancial con el hombre y previa al despertar de su afán por el saber. Las sociedades humanas, desde sus formas más primitivas, han estado siempre interrelacionadas con la Técnica, y sólo lo han hecho con la Ciencia cuando el progreso del conocimiento les obligó a depender de ésta.

De éste modo, las ideas técnicas primero y las científicas después, se han incorporado al sustrato de saberes que la Humanidad ha ido adquiriendo y se ha estimulado la innovación, lo que ha contribuido a modificar los comportamientos personales y sociales.

No debe de sorprender a nadie, ni mucho menos ha de escandalizarnos, que el hombre se interesara antes por la Técnica que por la Ciencia, pues el hombre se las arregló con su ingenio para reformar el entorno, para hacerlo más cómodo y más grato a su vivir. No tenía necesidad de un saber organizado, le bastaba con que le fuera útil todo aquello que sabía o que pudiera deducir de la observación de los fenómenos. Comenta ampliamente Ortega estas ideas, y no es que las critique, sino que son consecuencia de que, para el hombre, existir significa bienestar.

Esto explica que el saber técnico date de muchos milenios a.C. Se sitúa la agricultura en una antigüedad de 10.000 años, la cerámica en 6.000 años; en 4.500 el arado; en 4.000 a la metalurgia y aún se tardaron otros 1.000 años, (3.000 años a.C.), en aprender a manejar los metales y a preparar el bronce.

La Astronomía progresó por su utilidad para navegar, al tiempo que los egipcios desarrollaron industrias de quesería, pan, cerveza, alfarería, tejidos, construcción de barcos, aleaciones, etc. Pero, en todo caso, el acervo de conocimientos ha tenido un lento caminar.

Por otra parte, las viejas civilizaciones estuvieron limitadas a áreas muy concretas, al ecúmene griego, que se estimaba colindante con tierras misteriosas, llenas de terribles peligros, en las que se suponía existían otros seres, incluso vidas sobrenaturales. Todavía en el siglo VII, San Isidoro no admitía la existencia de hombres en Libia, porque siendo un país tan lejano, no podían vivir en un suelo tan inclinado sin caerse.

Ni siquiera el Descubrimiento de América, –y ya estoy hablando de “ayer”–, aportó grandes novedades en lo científico, excepción hecha de probar la unidad de la especie humana, aunque con sus discretas diferencias étnicas. Sin embargo, se mantuvieron errores como la

existencia de hombres con uno o cuatro ojos, la del Ave Fénix, o la de hormigas del tamaño de perros (Rey Pastor. 1951).

Todo el saber Técnico de la antigüedad no tuvo por qué ser un saber organizado, al estilo de lo que hoy es el conocimiento científico, pero tampoco se le puede negar al hombre de entonces una cierta inquietud por descifrar la naturaleza de su entorno inmediato.

De todas formas, y sin negar realidad a la preferencia del hombre por la Técnica, hay que decir que los griegos, desde el siglo VI a.C., fueron antecesores de la Ciencia actual, aunque con gran carencia de métodos experimentales de observación, al menos comparativamente, con su desarrollo matemático y sus ideas científicas. En lo que al conocimiento de la materia se refiere, ahí están Demócrito y Leucipo, quienes intuyeron el atomismo de la materia, idea que se mantuvo subyacente hasta que Dalton la actualizara a principios del siglo XIX.

Visto cada uno en su tiempo, naturalmente, ninguno de estos hombres está en disonancia con los que consideramos iniciadores de la Ciencia moderna, como Copérnico, Galileo, Newton, y otros muchos bien conocidos de todos.

## LA CIENCIA Y LA TÉCNICA DE HOY

Aún con estos antecedentes, la Ciencia actual es sustancialmente distinta a la de entonces, pues tras haber incorporado el método científico y la experimentación indagatoria, se ha convertido en un sistema racional, estructurado por la humanidad para interpretar y conocer la realidad de su entorno mediato e inmediato. Así es como la Técnica ha encontrado en la Ciencia sus fundamentos para modificar la Naturaleza, y mantiene su destino en, o para la Sociedad, con lo que la triple vinculación queda indisolublemente establecida.

Para Amando de Miguel *“la Técnica es el conjunto de recursos, procedimientos y aplicaciones de la Ciencia”*. Al compararla con el pensamiento de Ortega, se observan dos posiciones escalonadas según niveles de conocimiento: la del filósofo, en la que preside

la idea de qué se hace y para qué se hace, y la del sociólogo, en la que se matiza el carácter de aplicación, el procedimiento que se sigue y las materias primas que se utilizan. Ortega pone su énfasis en los fines; concibe al hombre como reformador para el logro de un bienestar y no hace referencia a la Ciencia porque no lo necesita, no forma parte de su análisis. De Miguel parte de donde Ortega termina, y se detiene en señalar en qué se basa lo que hace el hombre, cómo lo hace y para qué lo hace.

La nueva metodología ha provocado una explosión de conocimientos y de aplicaciones prácticas, determinantes de una civilización que, por primera vez en la historia de la humanidad tiene un carácter planetario, aunque con graves desequilibrios sociales y geográficos. Zubiri sitúa el desarrollo científico como el cuarto de los puntos básicos del pensamiento humano.

Esto ha creado una interdependencia en lo cultural y en lo económico; pero sin contrapartida, pues se ha tornado en simple dependencia cuando se ha hecho dejación la necesidad de incorporarse al concierto de países en vanguardia del desarrollo científico. Así, hemos asistido simultáneamente, al alumbramiento de nuevos países y a la aparición de una nueva forma de colonialismo: el colonialismo de la Técnica.

En la segunda mitad del siglo XVIII, se inicia la Revolución Industrial, cuyo antecedente está en el avance de la Ciencia, presidida por los criterios de cuantitatividad y unidad de la naturaleza, (al amparo de hombres como Lavoisier, Laplace, Priestley, Rutherford, y otros más), lo que movilizó a la Técnica con un vigor hasta entonces desconocido, convirtiéndose ambas en un valor social, aunque todavía fuera de lenta penetración.

Sin embargo, no se puede olvidar que hasta 1950, se produjeron afirmaciones que hoy sorprenden. Así, a principios del siglo XVIII, la electricidad era tenida como algo divertido, se utiliza como fuerza motriz en el XIX, y aún tarda en convertirse en sistema de iluminación, pues en 1878 todavía se consideraba que la luz eléctrica era imposible. Por la misma época, un gran químico, Berthelot, decía que

nada quedaba por descubrir en Química. El ferrocarril comienza también en la primera mitad del siglo XIX. El teléfono se implanta hacia 1875, y el automóvil hacia 1890, comercializándose el primer modelo en 1899 por los hermanos Renault.

El primer vuelo con motor, de sólo unas decenas de metros, se logró en 1903, pero era tan escasa la confianza que se tenía en lograr volar, que pocos años después, en el Espasa, se cometía la imprudencia de afirmar que las máquinas voladoras más pesadas que el aire no serían nunca viables. Al final de la Segunda Guerra Mundial, todavía decía Lord Cherwel, que los cohetes con que Hitler bombardeó Inglaterra eran un rumor propagandístico, y se dudaba de la posibilidad de lograr cohetes cósmicos y de larga distancia. Sin embargo, en 1969 el hombre ponía el pie en la Luna.

Los primeros ordenadores se construyeron en 1946, y tres años más tarde la Revista Popular Mechanics no se mostraba especialmente acertada al predecir que los ordenadores del futuro *sólo* pesarían 1500 kg. Hoy, un ordenador portátil pesa poco más, o quizá poco menos, de 2 kg.

Es decir, con dudas y altibajos, pero hay razones fundadas para anticipar a algo menos de tres siglos el despegue tecnológico y científico, y con él lo que se ha llamado la “revolución tecnofisiológica” rápida y todavía en curso, inducida por éste, a la que, según el Nobel Robert W. Fogel (Otoño 1999), se debe el aumento de longevidad y de estatura de las personas.

Pero ha sido en este último medio siglo cuando el progreso se ha acelerado en tal grado que, hace sólo 50 años, resultarían impensables los avances conseguidos en la producción agrícola e industrial, en la vivienda, en el transporte, en las comunicaciones, en el comercio, en el suministro de energía, en la asistencia sanitaria, en la oferta de servicios, incluidos los de ocio, etc. Y, además, se ha producido el hecho singular de un aumento de la permeabilidad entre las áreas científicas, artísticas y sociales. La Ciencia es un instrumento movilizador del cambio social y nada de cuanto nos rodea ha escapado a la explosión científico-técnica.

El hombre domina el espacio, aunque casi se nos haya olvidado la gesta del alunizaje. Venus y Marte han sido reiteradamente explorados; se conoce la naturaleza de su atmósfera, su densidad, y se sabe que la alta temperatura de la superficie de Venus ( $480^{\circ}\text{C}$ ) es debida más al efecto invernadero que a su proximidad al Sol. Incluso se ha explorado Titán, satélite de Saturno, del que también se sabe la composición de su atmósfera, ( $\text{N}_2$  con algo de  $\text{CH}_4$ ), y la baja temperatura de su superficie, ( $-180^{\circ}\text{C}$ ), causa por la que en la misma hay mares de metano líquido.

Las nuevas comunicaciones se generan a un ritmo superior al de su asimilación por la población. La Informática se ha insertado en nuestros modos de vida, siéndole familiar hasta a los niños. La Biología se ha convertido en una Ciencia experimental que estudia los mecanismos que ocurren en los seres vivos. La Medicina es hoy Biomedicina; se han establecido correlaciones entre ciertos factores morfológicos personales con la composición química de los tejidos que forman los órganos vitales, lo que permite predecir el riesgo de mortalidad a una edad más o menos temprana.

La Biotecnología es realidad y esperanza para producir alimentos y fármacos, y para resolver problemas médicos e inmunológicos. La nueva Genética nos asombra cada día con alguna novedad. Los descubrimientos biológicos tienen en los genomas una de sus grandes culminaciones. Terminar la identificación del Genoma Humano, lo que probablemente sea ya una realidad, va a traer una serie de situaciones cuyo análisis está por hacer. Las investigaciones en el campo farmacéutico, se apoyan en la actualidad en la Genética, a medida que se vayan identificando los genes asociados a cada enfermedad.

La Ciencia y los científicos, y la sociedad en general, han de afrontar las consecuencias que puedan derivarse de convertir a las personas, o a ciertos seres vivos, en “algo” susceptible de trasplantar, clonar, manipular, hasta el extremo de que el propio concepto de ser vivo sea susceptible de modificar. El hombre como individuo y la humanidad como especie, están siendo objeto de comercialización con algo tan propio como son sus genes. No hace mucho el fundador de la empresa “Celera Genomics”, Craig Venter, que investiga por su cuen-

ta el Genoma Humano, y Francis Collins, que lo hace desde el ámbito público, anunciaban juntos el fin próximo del proyecto Genoma Humano. “*Todo indica que se ha firmado la paz sobre nuestros genes*”, decía un periódico de amplia difusión (EL PERIÓDICO 27/6/2000), lo que, implícitamente, significaba que existía, o existe, una guerra para explotar la industria que pueda derivarse del conocimiento de nuestra dotación genética.

Esta comercialización de los resultados de la investigación científica, ha creado una fuerte vinculación entre el nivel económico de un país y su capacidad de investigación, que ha de ser competitiva e innovadora para poderla comercializar.

## DESARROLLO Y DETERIORO AMBIENTAL

La Ciencia está, pues, conformando nuestros modos de vida; ha creado una nueva Sociedad y una nueva cultura, y se impone que la correlación Ciencia-Técnica-Sociedad sea complementada por la Ética, para que sea posible el crecimiento armónico de ambas y el del hombre con su entorno.

El compromiso para la búsqueda de esta armonía es manifiesto, pues al amparo del desarrollo técnico se han creado unos hábitos de consumo que incrementan la presión de la demanda sobre el Medio y convierten en desecho lo que podría haber mantenido su vida útil durante muchos años.

En realidad, dice Fogel, nos hemos convertido en una sociedad tan opulenta, que nos acercamos a un máximo de consumo, a la saturación del consumo, no sólo de lo necesario, sino de lo que hasta hace poco era considerado de lujo. Además, todo ello se ha logrado simultáneamente con una disminución drástica de las horas de trabajo. En USA, en 1875, una familia media necesitaba 1.800 horas de trabajo remunerado para conseguir el suministro anual de alimentos; en la actualidad le bastan con 260 horas. Pero, desgraciadamente no todo es USA, y las conclusiones del Informe de “*Nuestro Futuro Común*” siguen siendo válidas doce años después.

Sin embargo, y aunque parezca contradictorio, la erosión del suelo y la desertización progresan en paralelo con el incremento de la productividad agrícola y ganadera, hasta el punto de que el suelo se ha convertido en un recurso agotable. La pérdida de tierra de cultivo es evidente, y aunque en unos casos sea debido a una mayor productividad, en otros se debe a necesidades para otros fines, (comunicaciones, viviendas, servicios e industria).

En el primer caso, están los cultivos de cereales, a los que en 1950 se dedicaba a escala mundial una superficie de 0,23 hectáreas/persona, y en 1998 había disminuido hasta 0,12 hectáreas/persona. Como la población ha aumentado conviene señalar que las superficies absolutas fueron de 587 millones de hectáreas en 1950 y de 690 en 1998.

En la India, en 1950, la superficie cultivada para cereales era de 0,29 hectáreas/persona, hoy es de 0,10 hectáreas/persona, y las previsiones para 2050 es que disminuya hasta 0,07 hectáreas/persona. Para el horizonte de 2050, hay una serie de países que estarán aún por debajo, y en concreto Etiopía y Pakistán, que hoy tienen una superficie de cultivo de cereales de 0,08 hectáreas/persona, y en 2050 habrán bajado hasta 0,03.

La energía crece en proporción superior a la población, sin que con esto se quiera escamotear el hecho de un crecimiento absoluto de la población mundial de cerca de 90 millones de personas al año. Pero el problema se agrava por su incidencia en el deterioro del aire, que está recibiendo una emisión de CO<sub>2</sub> próxima a las 4 T/persona y año, cuando el valor de equilibrio, para la población actual del planeta, se cifra en 2,3 T/persona y año; a lo que además hay que añadir la falta de equidad que supone el manejo de valores medios, puesto que hay países, como Alemania, que alcanza la cifra de 11,5 T/persona y año. En las llamadas Conferencias de las Partes sobre Cambio Climático se viene abordando el tema y proponiendo soluciones. En las dos primeras, celebradas en Berlín los años 95 y 96, se hizo notar que se está produciendo un excedente de emisión de CO<sub>2</sub> de 3000 MM de T anuales, lo que aumenta el efecto invernadero y el riesgo de un aumento de la temperatura del Planeta. En la Tercera Conferencia de las Partes celebrada en Kyoto en 1997, la UE llevó una propuesta

con la que aspiraba a que para el periodo de 2008 a 2010, las emisiones de CO<sub>2</sub> se redujeran un 15% sobre el nivel de 1990. Al final, un acuerdo mediocre: disminución media del 5,2%, pero USA, que aporta el 25% de las emisiones globales y sólo tiene el 4% de la población, disminuirá un 7%, y la UE un 8%. En noviembre de 1998, se celebró en Buenos Aires la Cuarta Conferencia de las Partes, que estableció un Plan de Acción que vence en noviembre del presente año 2000, en el que deben de alcanzarse los acuerdos necesarios para cumplir los compromisos de Kyoto; pero la Unión Europea, que no dudaba en cumplirlos, creía necesarias medidas adicionales. La Quinta Conferencia de las partes tuvo lugar en Bonn, entre el 25 de octubre y 5 de noviembre de 1999, con resultados desilusionantes, pues dos años después de los acuerdos de Kyoto se comunicó que para su entrada en vigor era necesaria su ratificación por, al menos, un grupo de 55 países cuyas emisiones de CO<sub>2</sub> iguallen al 55% de las producidas en 1990, lo cual significa que para la entrada en vigor del Protocolo es preciso que lo ratifiquen USA y la Federación Rusa por representar más del 45% de las emisiones. Hubo preocupación y voluntad para acelerar las negociaciones, pero también divergencias muy destacadas. La Sexta Conferencia de las Partes tendrá lugar en La Haya del 13 al 24 de noviembre del presente año 2000. La confianza en sus resultados es más bien escasa.

Pero también se han vertido otros gases, como los CFC, responsables tanto del efecto invernadero como del agujero de ozono, que también han aumentado el riesgo de cáncer de piel y de otras enfermedades.

Igualmente, se ha contaminado el agua debido a su mal uso y a la lentitud con que se han implantado los sistemas de depuración. Más de 2500 MM de personas carecen de agua potable, y hay 1000 MM de personas que cada año se ven afectadas por enfermedades transmitidas a su través. En abril de 1997 las Naciones Unidas emitieron un documento titulado "*Evaluación Completa del Agua Dulce*", en el que se afirma que una tercera parte de la población mundial vive en países que tienen una escasez de agua entre moderada y alta. Pero esa proporción podría alcanzar a las dos terceras partes en el año 2030, si no se adoptan medidas correctoras. En el

Informe del Worldwatch Institute de 1999, se advierte que las reservas de agua decrecen continuamente, lo que supone un riesgo de que los alimentos disponibles se reduzcan en un 10%.

Comentarios semejantes pueden hacerse sobre la pérdida de biodiversidad; según el citado Informe hay amenaza de extinción del 11% de las especies de aves, el 25% de las de los mamíferos y el 34% de las de peces. Con la destrucción de bosques el problema es mayor, pues unas veces es de forma criminal, otras por consumo irrefrenado, y otras, en fin, porque todavía hay 1500 MM de personas que dependen de los árboles para cubrir sus necesidades energéticas.

## CONTINÚAN LOS PROBLEMAS SOCIALES

A pesar de todo este desarrollo económico, tampoco se han producido todas las mejoras sociales que podrían haberse esperado de la prosperidad material. Continúan existiendo lagunas en aspectos básicos.

Huyendo de análisis apocalípticos, ahí está el analfabetismo, que aún alcanza al 25% de la población mundial, siendo dos terceras partes mujeres, lo que indica la lentitud de su promoción en el mundo no desarrollado. En los países semi-desarrollados el analfabetismo alcanza cotas del 7%.

La mortalidad infantil todavía tiene que mejorar, incluso en Europa donde está por encima del 7 por mil. Hay problemas sanitarios, pues aunque la poliomielitis se ha eliminado en dos terceras partes del mundo, en el último cuarto de siglo se han identificado 29 nuevas enfermedades, como el VIH, en fase creciente, la enfermedad de Lyme, los virus de Ebola y de Hanta, etc. Al mismo tiempo, los cambios climáticos son causa de que emerjan ciertas enfermedades contagiosas que se tenían controladas: tuberculosis, malaria o sarampión, reaparecen con especial virulencia. Según la OMS, en los próximos 60 años podrán morir anualmente más de un millón de personas a causa de la malaria, cuya transmisión se favorece con los cambios climáticos.

El paro es una lacra que padecen países muy cualificados y de la que hasta ahora parece que sólo se libra Suiza, y quizá Suecia. El seguro de paro palía parcialmente el problema económico, pero deja sin cubrir el anímico, el de la realización de la persona. El parado pierde dinero, estima personal y desperdicia, para sí y para la sociedad, sus capacidades.

Tampoco socialmente todo ha sido esplendor. Han subido los niveles de vida, pero la nota dominante de esta civilización, junto a su dinamismo, no es solidaria, sino simplemente consumista. Es un tipo de civilización que aleja al hombre de su humanismo central y de sus concepciones éticas. Según Racionero, (ABC. Tercera. 7/2/99), *“creer que progresamos porque se va a Marte es olvidar que no sólo de pan vive el hombre y que primero hay que dejar la casa sosegada antes de buscar fuera de ella”*. Y que la ciencia ha de contribuir a *“armonizar las emociones con la inteligencia”*, para *“recuperar el equilibrio animal perturbado por la reflexión humana”*. Quizá los valores no se han perdido, sino sólo oscurecido y dispersado, y podrían recuperarse a través de una *“ética civil”*, dentro de una enseñanza de *“Educación en valores”*.

La humanidad actual ha creado una rutilante civilización en la que aún no ha aprendido a vivir y a usar. Se ha aprendido a consumir, pero no se ha promovido una educación para el desarrollo.

## INTEGRACIÓN DE LAS ÁREAS DEL CONOCIMIENTO

El progreso de la Ciencia en este siglo ha sido global en cuanto a su alcance, pero individualizado en sus contenidos parciales. Esto ha facilitado el avance según campos del conocimiento, pero también ha favorecido que pasaran desapercibidas muchas relaciones entre áreas distintas. Sin embargo, el correcto conocimiento del Medio ha de hacerse a través de su concepción unitaria, en la que cada una de sus partes se analice, interprete y valore en el seno de la totalidad.

Buena prueba de esta carencia está en la evolución del concepto de Biosfera, razón primaria de la modificación física del Medio. Definida inicialmente en la obra de un geólogo austríaco, (Edward Suess, –1831 a 1913–, *Die Entsehung de Alpen*), publicada en 1875, se refería en exclusiva a la materia viva. Pero enseguida hubo de incluir en

ella, el entorno en que se desarrolla, puesto que la capacidad operativa de los seres vivos, en especial del hombre, la estaba modificando.

Más tarde se define como el área física donde la vida tiene lugar, poniendo de relieve la capacidad del hombre para modificar los ciclos y naturales, convirtiéndose en protagonista de un nuevo fenómeno geológico, que se suele calificar como “era antropológica del planeta”, para indicar que la humanidad está alterando su estructura externa; es decir, la que soporta a la Biosfera, y de aquí su responsabilidad.

Aproximadamente por los años 30, tampoco andaba Ortega muy alejado de estas ideas al hacer notar que *“la vida es siempre un proyecto anticipado de lo que ha de venir”*, destacando el obligado continuismo de lo vital y la transcendencia de las acciones de hoy sobre los factores determinantes de la vida en el mañana. Prevenir lo que de tales modificaciones pueda derivarse, trasciende las fronteras de lo aconsejable para adentrarse en lo necesario e imprescindible.

La integración de conocimientos es imprescindible cuando se trata de las Ciencias de la Naturaleza. Parece necesaria la valoración holística del saber, aunque pueda estar discutida por muchos, y sin que ello quiera decir que sea una tarea fácil. La integración de los conocimientos sobre el Medio Natural ha de ser la primera fase de su valoración holística. Si no se hace así nos estamos limitando a la valoración de lo inmediato o a su mera descripción.

Esta es la línea seguida por la UE, al promulgar en 1996 la Directiva de *“Prevención y Control Integrados de la Contaminación”* (96/61/CEE), en la que se exige la valoración conjunta de los tres subsistemas, –aire, agua y suelo–, para avanzar hacia un equilibrio entre la actividad humana, su desarrollo económico y la conservación y regeneración de los recursos.

## EDUCACIÓN PARA LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

En 1973, la preocupación por los riesgos ambientales y la limitación de los recursos, empezó a calar en algunos sectores de la humanidad, que sentían la necesidad de una nueva ética que permitiera eva-

luar “a priori” la influencia que una determinada acción pudiera tener sobre la supervivencia de las especies.

Generalizar a todas las especies, sólo podía deberse a que la desaparición de alguna de ellas a causa de la intervención del hombre es un fenómeno distinto a que se deba a un mecanismo evolutivo natural del entorno. La intervención del hombre en el proceso (Díaz Pineda, 1991) *“afecta a sistemas más complejos o supone la ruptura de ciertas relaciones clave”*.

Pero la nueva ética tendría que nacer de un nuevo concepto educativo que ponga su acento en las exigencias del entorno natural y en nuestro comportamiento sobre el mismo. Pero nadie se planteó entonces la necesidad de una educación para el consumo ni de una educación ambiental.

En este sentido la alarma producida por el Primer informe al club de Roma (1972), fue superada por una respuesta contundente de la Técnica que afloró nuevos recursos, mejoró los rendimientos y abarató el transporte. Pero, además, demostró algo tan elemental como que el ahorro es la mejor manera de mejorar la demanda. El actual problema del agua está reclamando a gritos la adopción de criterios semejantes.

Mediante la educación ha de conseguirse que conceptos como el altruismo o la trascendencia no estén en oposición con los de utilidad o pragmatismo. Llegar a una Sociedad en la que se valore lo intelectual, lo espiritual, en la que primen las ideas por encima de la posesión de las cosas que se malgastan. ¿Cuántas personas conocen, por ejemplo, que cada litro de gasolina quemado aporta a la atmósfera más de 2,6 kg de CO<sub>2</sub>?

Las directrices educativas deben hacer una valoración positivista de la Tecnología, para que antes de implantar una novedad, se evalúen las implicaciones que su uso pueda acarrear en peligro y en riesgo.

El mismo Juan Pablo II, en su Discurso a las Naciones Unidas con motivo de su elección, dijo que *“el progreso de la humanidad no sólo debe medirse por el de la Ciencia y la Tecnología, sino por la pri-*

*macía que se de a los valores espirituales*". Años después, en la Jornada Mundial por la Paz del 1/1/90, denunciaba que la explotación desordenada de los recursos y el deterioro de la calidad de vida eran fenómenos que amenazaban la Paz, "y que se necesitaba un sistema de gestión de recursos mejor coordinado a escala internacional".

Las ideas básicas para lograr esta mejora de gestión tienen que partir del principio de que el desarrollo preferente ha de ser aquel que beneficie a un mayor número de personas, sin riesgo para el Medio, entendiéndose que junto al crecimiento económico, ha de valorarse el progreso y difusión de la Ciencia y de la Cultura.

La Educación es el perfeccionamiento y estímulo de los sentidos y de las facultades intelectuales de las personas. Educar es hacer a la persona más libre, es capacitarla para elegir y valorar.

Se trata, pues, de desarrollar en el individuo la convicción de que su actividad personal es significativa, porque participa en la conservación o deterioro de los recursos y medios disponibles.

Antes, hacía alusión a dos filósofos griegos, Demócrito y Leucipo, a quienes es normal que las gentes de Ciencias conozcamos, más por haber sido los creadores, intuitores, —diría yo—, del atomismo, que por otros trabajos en los que se distinguieron con igual o mayor eficacia, basados en la observación de la Naturaleza. A través de ellos, Demócrito se sumergió en un humanismo que le llevó a decir que "Naturaleza y Educación están emparentadas, pues la Educación transforma al hombre, y al transformarlo obra al modo de la Naturaleza". Y para hacer esta formulación no se apoyó en ningún principio religioso, sino que consideró al hombre pleno de libertad, haciendo de su ética y de su propia conducta la razón última de su valoración personal.

La modificación de los ciclos geobioquímicos por parte del hombre, y especialmente el del dióxido de carbono, nos ha convertido "en una especie de virus que le infecta provocando un aumento de temperatura" (Gribbin, 1991).

En todo caso, y volviendo a la actualidad, la legislación señalará los caminos por dónde deben, o no deben, discurrir las acciones de

la colectividad, pero es evidente que su eficacia estará condicionada por la valoración ética que cada persona tenga de sus propios actos. A lo largo de esta última década del siglo se ha incrementado la toma de conciencia sobre el exigible respeto a los recursos del futuro.

El Club de Roma, en su declaración de Hannover de 1993, (con motivo de su XXV aniversario), hace una llamada para que *“las tecnologías del siglo XXI aprovechen los recursos de forma más eficiente que en la actualidad”*, estimulando a *“que se orienten al bienestar humano, antes que al progreso económico de unos pocos”*, a la par que recomienda *“un nuevo planteamiento para el desarrollo Tecnológico”*.

La Sociedad es un sistema de interrelaciones entre las personas, pero son las minorías educadoras las que crean los pensamientos y las ideas que, a la postre, son los responsables de aquellos.

La Educación es una exigencia democrática; es una exigencia de participación para la solidaridad. Es, en suma, una actividad personal, interdisciplinar y permanente que, desde una perspectiva global, permite al individuo analizar sus relaciones con el entorno físico y social.

La enseñanza del Conocimiento del Medio, debe superar lo enumerativo y vincularse con su conservación hasta alcanzar a la valoración del significado y gestión de los recursos y de los ciclos geobioquímicos, (comenzando por el hidrológico), a la planificación del territorio y al análisis de las relaciones entre el Medio y las Sociedades que soporta.

Esto no quiere decir que se olvide el campo de las Humanidades, que son fuente de cultura, y sólo la persona culta está capacitada para profundizar en un conocimiento polivalente, que supere los niveles alcanzados y los errores cometidos con anterioridad. *“Cuando los clásicos llamaron cultura al cultivo del talento, subrayaron el estrecho vínculo que enlaza el perfeccionamiento intelectual, con el de las facultades del espíritu y la vida interior”* (Colomer, 1989).

*“El saber, –decía Carlos Fuentes en su discurso de investidura como “Dr. Honoris Causa” en la UNED (3/4/2000)–, hermana a las*

*Ciencias y las Letras*". "La esencia de la cultura consiste en decirnos que somos el presente sólo porque portamos cuanto hemos sido en el pasado y cuanto deseamos ser en el porvenir" (Fuentes, 2000).

Las actitudes personales están, con frecuencia, vinculadas con la escala de valores que los individuos y las sociedades tengan establecida en cada momento histórico. En la actualidad, se habla demasiado de crisis de valores porque el actual criterio sobre lo "valorizable", tiende más a la indiscriminación que a la responsabilidad. "Valorar, –según Ortega (en su *Introducción a una estimativa*)–, es reconocer un valor residente en el objeto". El problema es que en nuestra evolutiva Sociedad, junto a valores indiscutibles, como son la libertad, la tolerancia y la democracia, se han incorporado otros que sin duda no lo son.

"Vivimos una época, –escribía Antonio Garrigues Walker (2000)–, en la que el desarrollo económico, que es cosa buena se mire por donde se mire, oculta con frecuencia el triste fenómeno del descenso de los niveles de ética y del prodigioso ascenso de la vulgaridad más deplorable y perniciosa". Y es que la maravilla del desarrollo, mejorar el nivel de bienestar de cuantos ciudadanos sea posible, aumentar la esperanza de vida, elevar las cotas de salud, etc., debiera haber desembocado en una mayor sensibilidad en todos los órdenes, especialmente en lo que se refiere a la valoración de lo cultural.

El arte de convivir entre personas es análogo a la convivencia con el entorno y a adoptar estilos de vida compatibles con su conservación. Cuestiones tales como la responsabilidad ante las nuevas tecnologías, la educación para la cooperación y la pluricultura, son todas primordiales para afrontar los retos futuros. La Tecnología ha transformado al mundo, pero en el actual nivel de conocimientos la sociedad no puede ignorar la potencialidad que ofrece el desarrollo científico y técnico para alcanzar un desarrollo humano equilibrado en el que prime la colaboración sobre la competición. La colaboración como vehículo de progreso, la solidaridad como instrumento de éste y la interdependencia como acción política, han de ser elementos complementarios con la integración de saberes en el conocimiento científico.

Educar para la cooperación significa capacitar a la persona para que proyecte con otros actuaciones integradas sobre un mismo objetivo, lo que le exigirá compartir resultados y beneficios. La solidaridad como actitud, además de hacer más viable la cooperación, puede ser el eslabón generacional dentro del tejido social y factor de cohesión entre los de diferente condición o cultura, siempre que sea multidireccional y tenga reciprocidad. .

Valorar lo material es muy importante para luchar contra la pobreza y el deterioro ambiental, pero sin que su énfasis obstaculice el crecimiento de lo espiritual o intelectual, es decir, de lo inmaterial. Para Laín, la realidad que llamamos hombre existe en plenitud cuando un individuo de la especie humana se realiza haciendo de su vida una empresa personal, siendo para ello co-esencial el medio que le rodea desde la fase embrionaria del ser.

Escribe el premio Nobel Fogel (1999), que en el último tercio del siglo XX los valores de la familia han perdido fuerza y que la riqueza de la educación en todos los niveles y de las experiencias acumuladas durante la vida profesional, depende de lo que se haya aprendido en el hogar familiar antes de asistir a la escuela.

A nadie se le oculta que esto no es sencillo, aunque parezca muy lógico, pero forma parte de una nueva ética, que primero hay que entender y aceptar, y después estructurar, puesto que la tecnología ha de buscar el bienestar humano por encima de los rendimientos económicos.

La educación para el desarrollo, tiene que estar presidida por la idea de que todo lo que la humanidad tiene, todo lo que posee, de la Tierra procede y a la Tierra ha de volver, pero de nosotros depende que su retorno se produzca en condiciones de reversibilidad y susceptible de ser reutilizado por las generaciones futuras. Para el escritor Fuentes, y según el discurso que antes cité, *“la educación nos enseña a guiarnos por el deber supremo de mantener, en contra de todas las adversidades, la continuidad de la vida en el planeta”*.



# EDUCACIÓN SECUNDARIA Y EMPLEO. LA FAMILIA QUÍMICA

Francisco Morugán Arias  
Catedrático de Análisis y Química Industrial. IES “Virgen de la Paloma”.  
Madrid

## INTRODUCCIÓN

### Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE)

Buscando una correlación entre la Educación Secundaria y el empleo, necesariamente tendremos que centrarnos principalmente en todos los ámbitos de la Formación Profesional dentro de la Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE).

Si analizamos la LOGSE desde este punto observaremos:

1) En el Título Preliminar, el art. 1: Orientación a la consecución de los fines previstos en la ley. En el apartado c) menciona:

*“La capacidad para el ejercicio de actividades profesionales”.*

2) En el punto 3.2. donde hace referencia a la ordenación general de la enseñanza:

*c) Educación Secundaria, que comprenderá la Educación Secundaria Obligatoria, el Bachillerato y la Formación Profesional de Grado Medio.*

*d) La Formación Profesional de Grado Superior.*

3) En el Título Primero, capítulo III de la Educación Secundaria, en el art. 17:

*El nivel de Educación Secundaria comprenderá:*

*a) La etapa de Educación Secundaria Obligatoria.*

*b) El Bachillerato*

*c) La Formación Profesional específica de Grado Medio.*

4) En el mismo título en la sección 1ª de la Educación Secundaria Obligatoria y en el punto 22.2 reseña:

*“Los alumnos que al terminar esta etapa hayan alcanzado los objetivos de la misma, recibirán el título de Graduado en Educación Secundaria que facultará para acceder al Bachillerato y a la Formación Profesional específica de Grado Medio.”*

También en el art. 23 nos dice:

*“Para los alumnos que no alcancen los objetivos de la Educación Secundaria Obligatoria se organizarán Programas específicos de Garantía Social, con el fin de proporcionarles una formación básica y profesional que les permita incorporarse a la vida activa o proseguir sus estudios en las distintas enseñanzas reguladas en esta ley y, especialmente, en la Formación específica de Grado Medio...”*

6) En el capítulo IV de la Formación Profesional en el art. 30:

*1) La Formación Profesional comprenderá el conjunto de enseñanzas que, dentro del sistema educativo y reguladas en esta ley, capaciten para el desempeño cualificado de las distintas profesiones....*

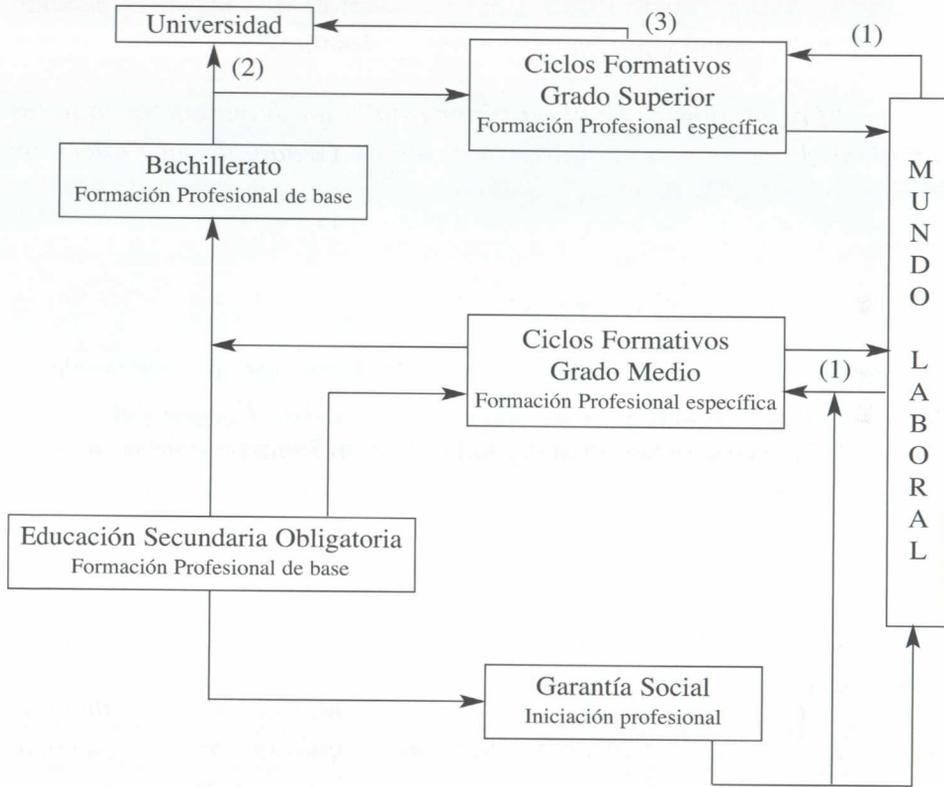
*2) La Formación Profesional, en el ámbito del sistema educativo, tiene como finalidad la preparación de los alumnos para la actividad en un campo profesional,...*

*3) En la Educación Secundaria Obligatoria y en el Bachillerato, todos los alumnos recibirán una formación básica de carácter profesional.*

*4) La Formación Profesional específica comprenderá un conjunto de ciclos formativos con una organización modular,...*

5) La Formación Profesional específica facilitará la incorporación de los jóvenes a la vida activa,....

De una manera esquemática podemos establecer la relación entre las etapas de la Educación Secundaria y la Formación Profesional dentro del sistema educativo LOGSE de la siguiente forma:



(1) Prueba de acceso

(2) Prueba de acceso a la universidad (PAU)

(3) Acceso determinado por el ciclo cursado

## La Formación Profesional en el marco de la LOGSE

### Formación profesional base

La importancia creciente de la Tecnología en el desarrollo de la sociedad actual, hace necesaria su incorporación a los sistemas edu-

cativos en los tramos del mismo en que se definen las enseñanzas secundarias. Por lo tanto, desde esta óptica, en el sistema definido en la LOGSE se incluye este tipo de conocimientos en la Enseñanza Secundaria Obligatoria y en el Bachillerato mediante la Formación Profesional de Base.

Este tipo de formación se entiende como el conjunto de conocimientos, aptitudes, destrezas y habilidades básicas para el ejercicio de un amplio espectro de profesiones. Esto facilitará la orientación profesional por conocer el alumno mejor las actividades profesionales.

### Formación Profesional específica

El objetivo de esta enseñanza es dotar de habilidades, conocimientos y capacidades para el ejercicio de una profesión, teniendo en cuenta que la profesión engloba diferentes puestos de trabajo de carácter análogo.

Esta Formación Profesional específica está dividida en dos grandes grupos:

– De *Grado Medio*, dentro de la Educación Secundaria, que se podrá cursar después de haber obtenido el título de Graduado en Educación Secundaria, o mediante prueba de acceso para quienes tengan cumplido los 17 años. Mientras no se generalice totalmente la LOGSE, también podrán tener acceso a la Formación Profesional de Grado Medio aquellos alumnos que hayan cursado, con la superación de todas las materias, el 2º curso de BUP y aquellos alumnos que tengan el título de Formación Profesional de Primer Grado.

– De *Grado Superior*, después de haber cursado el Bachillerato, con la obtención del título, pudiendo añadirse la obligatoriedad de haber cursado determinadas materias del Bachillerato en concordancia con los estudios profesionales a los que se quiere acceder, o mediante prueba de acceso para quienes tengan cumplido los 20 años.

El límite de edad se rebaja a los 18 años para aquellas personas que hayan realizado un Ciclo Formativo de Grado Medio.

Al superar el Ciclo de Grado Medio se obtiene el título de *Técnico*.

Al superar el Ciclo de Grado Superior se obtiene el título de *Técnico Superior*.

Esta formación debe ser el puente entre el centro educativo y la empresa, configurándose como una formación terminal, si bien debe permitir a quienes la cursan la posibilidad de continuar su formación, para ello, actualmente, se debe regresar al tronco de la LOGSE, y cursar el Bachillerato después de haber realizado un Ciclo de Grado Medio (está en estudio la posibilidad de paso de C.F.G.M. al C.F.G.S. a través de cursos puentes), y la posibilidad de acceso directo a una formación universitaria de contenidos relacionados con los cursados a quienes realicen los Ciclos Formativos de Grado Superior.

### *Iniciación Profesional. Programas de Garantía Social*

La LOGSE prevé la existencia de alumnos que no consigan los objetivos al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria y, en consecuencia, estén en riesgo de abandono del sistema educativo sin obtener el título de Graduado en Secundaria y sin una mínima cualificación laboral que les permita insertarse social y laboralmente de forma adecuada.

Ya hemos hecho referencia al artículo 23.2. de la LOGSE que establece que para estos alumnos “*se organizarán Programas específicos de Garantía Social*”.

Estos Programas no se pueden considerar estrictamente dentro del sistema educativo puesto que no forman parte de ninguno de los niveles, etapas, ciclos y grados en que aquél se organiza, pero son responsabilidad del sistema educativo, admitiéndose la colaboración de otras administraciones e instituciones públicas y privada y, especialmente, la administración local.

Las principales características de estos Programas son:

- Mantienen los objetivos de la Enseñanza Básica.
- Introducen una fuerte componente de Formación Profesional específica.
- Constituyen una oferta especial concebida con criterios de compensación educativa.
- Tienen flexibilidad interna. Organizados en modalidades.
- Precisan de eficaz sistema de orientación profesional.

Los Programas de Garantía Social tienen un doble objetivo:

- Un carácter terminal. Posibilitan a los jóvenes a la vida activa.
- Otro carácter propedéutico: preparan para la inserción en el sistema educativo.

Una de las modalidades de estos Programas de Garantía Social es la *Iniciación Profesional*, cuya finalidad es la de propiciar la continuación de estudios (especialmente en la Formación Profesional específica de Grado Medio, a través de una prueba de acceso) y la de preparar a los alumnos para la inserción en el mundo laboral.

Los destinatarios son jóvenes entre 16 y 21 años que deseen continuar en el sistema educativo y hayan agotado todas las vías que éste contempla para conseguir la titulación.

Los componentes formativos son:

- Área de Formación Básica.
- Área de Formación Profesional Específica.
- Área de Formación y Orientación Laboral.
- Tutorías.
- Actividades Complementarias.

Al finalizar la formación se obtiene un Certificado Académico.

## Breve historia de la Formación Profesional

Como parte de la experiencia que sirvió para elaborar la LOGSE y como experimentación para la configuración de los Ciclos Formativos de Formación Profesional, al mismo tiempo que se actualizaban los contenidos de algunas profesiones y especialidades de Formación Profesional reglada se empezó impartiendo los *Módulos Profesionales*.

El Módulo Profesional reflejaba una formación estructurada de un conjunto de conocimientos, habilidades y destrezas orientadas hacia el ejercicio de una profesión.

Este tipo de enseñanzas se organizaba en Áreas de conocimientos que agrupaban, normalmente, contenidos teóricos y prácticos, y se configuraban, en su mayoría, en períodos formativos de ciclos anuales.

Se ajustaban a los distintos niveles de cualificación existentes en el mundo del trabajo y otorgaban como mínimo las cualificaciones acordadas en el ámbito de la Comunidad Económica Europea. En este sentido, se considera la Decisión del Consejo de CEE de 16 de julio de 1985 (85/368/CEE) que en el anexo describe cinco niveles de cualificación (ver apéndice 1).

Ante esta estructuración de niveles de cualificación se establecieron dos tipos de Módulos Profesionales. Módulo Profesional de nivel 2, y de nivel 3.

Los Módulos Profesionales se estructuraban en *Familias Profesionales*.

La Familia Profesional comprende un conjunto de profesiones agrupadas según criterios de afinidad formativa. Se agrupan en una Familia Profesional un abanico de profesiones que poseen un tronco común de conocimientos y habilidades susceptibles de construir un bloque de Formación Profesional de base. De esta manera los Módulos Profesionales que se aglutinan en una Familia vienen a tener, aproximadamente, una misma formación de base, y por lo tanto un itinerario formativo similar previo a cursar el Módulo.

Para el acceso a estos Módulos Profesionales, al estar diseñados para la experimentación de la nueva Formación Profesional, era prioritario para los alumnos que habían cursado el primer ciclo del Bachillerato Experimental regulado por O.M. de 30 de septiembre de 1983 (B.O.E 4-X) para los Módulos de nivel 2, o bien, alguna modalidad de los Bachilleratos Experimentales, establecidos por O.M. de 21 de octubre de 1986 (B.O.E. 6-XI) para los Módulos de nivel 3.

Sin embargo, para facilitar cursar estas nuevas enseñanzas a otros colectivos, así como para incrementar el número posible de alumnos, se establecía el acceso directo a quienes, por su formación, estaban en condiciones de cursar el Módulo en similitud con los alumnos de estudios experimentales.

También se podía acceder a cursar un Módulo Profesional superando una prueba de acceso.

A esta prueba de acceso se podían presentar quienes tenían al menos 17 años, para los Módulos de nivel 2, y 20 años o tener cursado COU, o Técnico Especialista para los módulos de nivel 3.

Esta prueba de acceso evaluaba las capacidades y conocimientos que miden la madurez y preparación efectiva para adquirir una determinada competencia profesional mediante la enseñanza del Módulo.

Las titulaciones que se obtenían al finalizar con éxito los diferentes Módulos Profesionales era la siguiente:

- Módulo Profesional de nivel 2 es la de *Técnico Auxiliar*.
- Módulo profesional de nivel 3 es la de *Técnico Especialista*.

Los títulos específicos se recogen en las O.M. de 5 de junio de 1989 (B.O.E. 9-VI) y de 31 de octubre de 1990 (B.O.E. 14-XI).

En la O.M. de 8 de febrero de 1988 (B.O.E. 12 - II) en el Anexo 1, define la estructuración de los Módulos Profesionales que establece:

1. Comprende dos Módulos formativos diferentes y complementarios. Uno se desarrolla en los centros escolares; otro, en Centros de Trabajo a través de los necesarios acuerdos de colaboración. El porcentaje de tiempo destinado a cada núcleo dependerá de la naturaleza del Módulo, y se establecerá en el diseño concreto que se haga en cada caso.

2. La Formación en los Centros Educativos incluye:

— Área de organización del trabajo, de la empresa y/o formación para la vida laboral.

— Área de especialización técnica en el sector profesional.

3. La Formación en los Centros de Trabajo incluye:

— La realización de prácticas programadas en el centro educativo y los Centros de Trabajo.

— Estudios de la organización del trabajo y de las relaciones en la empresa y organismos.

4. La duración del Módulo se especificará en cada caso, y podrá oscilar entre los límites mínimo y máximo de uno o dos cursos respectivamente.

### Módulos Profesionales de la Familia Química

En un principio se diseñan dos Módulos Profesionales, uno de nivel 2 y otro de nivel 3.

NIVEL	NOMBRE	O.M.	B.O.E.
2	Auxiliar de Laboratorio	15-2-90	23-2-90
3	Industrias Alimentarias	21-3-91	27-3-91

Los currículos de ambos Módulos eran los siguientes:

### Módulo de nivel 2: Auxiliar de Laboratorio

Su campo profesional está orientado a la formación de profesionales que ejercen su función en laboratorios químicos de grandes, medianas o pequeñas empresas, así como en laboratorios de investigación o servicios.

La adaptación satisfactoria a los diferentes puestos de trabajo, requiere una formación química de carácter general y polivalente que este Módulo pretende suministrar.

La duración del Módulo era de mil cien horas mínimo, y estaba estructurado de la siguiente forma:

#### *Formación en Centros Educativos.*

- Área de Formación Química
- Área de Formación y Orientación Laboral
- Área de Idioma extranjero técnico

#### *Formación en Centros de Trabajo.*

Una duración de doscientas cincuenta horas (mínimo).

### Módulo de nivel 3: Industrias Alimentarias

Su campo profesional se orientaba a formar profesionales que ejercerán su actividad en empresas dedicadas a la transformación y conservación de materias primas biológicas, de origen vegetal o animal, con destino a la alimentación y consumo humano. Se excluyen las industrias enológicas y alcoholeras.

El profesional del Módulo de Industrias Alimentarias es un técnico intermedio, pudiendo trabajar en cualquiera de los subsectores siguientes: conservería vegetal, conservas de pescado, platos precocinados, industrias cárnicas y chacinería, industrias harineras, piensos compuestos, pastas, panadería, pastelería, galletería, zumos y bebidas refrescantes, industrias lácteas y derivados, aperitivos y extrusionados,

dulces, helados y derivados, aceites y derivados y tabaquerías e industrias de secado.

La duración del Módulo era de mil trescientas horas mínimo, y estaba estructurado de la siguiente forma:

*Formación en Centros Educativos.*

- Área de Formación y Orientación Laboral
- Área de Química Aplicada.
- Área de Microbiología.
- Área de Materias Primas.
- Área de Procesos Industriales de Transformación y Conservación de Alimentos.
- Área de Especialidad y de Prácticas Integradas.
- Área de Idioma extranjero técnico.

*Formación en Centros de Trabajo.*

Duración de doscientas horas mínimo.

## Apéndice 1

ANEXO A LA DECISIÓN DEL CONSEJO DE LA COMUNIDAD ECONÓMICA EUROPEA DE 16 DE JULIO DE 1985 (85/368/CEE)

*Estructura de los niveles de formación a que se refiere el apartado 2 del artículo 2.*

### NIVEL 1

*Formación que da acceso a este nivel: escolaridad obligatoria y preparación profesional.*

Esta preparación profesional se adquiere bien en la escuela, bien en el marco de estructuras de formación extraescolares, bien en la

empresa. Los conocimientos teóricos y las capacidades prácticas son muy limitadas.

Esta formación debe permitir ante todo la ejecución de un trabajo relativamente simple y puede ser rápidamente adquirida.

## NIVEL 2

*Formación que da acceso a este nivel: escolaridad obligatoria y Formación Profesional (incluido en particular el aprendizaje).*

Este nivel corresponde a una calificación completa para el ejercicio de una actividad bien determinada, con la capacidad de utilizar los instrumentos y las técnicas relativas.

Esta actividad se refiere principalmente a un trabajo de ejecución que puede ser autónomo en el límite de las técnicas que le son inherentes.

## NIVEL 3

*Formación que da acceso a este nivel: escolaridad obligatoria y/o Formación Profesional y formación técnica complementaria o formación técnica escolar u otra de nivel secundario.*

Esta formación implica mayores conocimientos teóricos que el nivel 2. Esta actividad se refiere principalmente a un trabajo técnico que puede ser ejecutado de forma autónoma y/o conlleva responsabilidades de programación y de coordinación.

## NIVEL 4

*Formación que da acceso a este nivel: formación secundaria (general o profesional) y formación técnica post-secundaria.*

Esta formación técnica de alto nivel se adquiere en instituciones escolares o extraescolares. La calificación obtenida de esta formación implica conocimientos y capacidades del nivel superior. Se exige en general el dominio de los fundamentos científicos de las distintas áreas de que se trate. Estas capacidades y conocimientos permiten asu-

mir, de forma generalmente autónoma o independiente, responsabilidades de concepción y/o de dirección y/o de gestión.

## NIVEL 5

*Formación que da acceso a este nivel: formación secundaria (general o profesional) y formación superior completa.*

Esta formación lleva generalmente a la autonomía en el ejercicio de la actividad profesional (asalariada o independiente) que implica el dominio de los fundamentos científicos de la profesión. Las calificaciones requeridas para ejercer una actividad profesional pueden ser integradas en estos diversos niveles.

## LOS CICLOS FORMATIVOS EN LA FORMACIÓN PROFESIONAL ESPECÍFICA

La extinción en régimen presencial de los Módulos Profesionales Experimentales se completa en el curso 1997/98, siendo de aplicación lo establecido en la “Circular complementaria de 21 de mayo de 1993 para los Centros de Enseñanzas Medias que impartían Módulos Profesionales Experimentales”, emanada del Real Decreto 676/1993 de 7 de mayo, transformándose estos Módulos Profesionales en Ciclos Formativos, con la aparición de los Títulos de Formación Profesional.

Los Títulos de Formación Profesional constituyen un aspecto esencial del desarrollo de la LOGSE. Según se deriva de la ley, los respectivos programas formativos tienen como referencia fundamental las necesidades de cualificación del sistema productivo. Con más precisión, las enseñanzas profesionales, su estructura, objetivos, criterios de evaluación y contenidos, deben enfocarse, desde la perspectiva de la adquisición de la *competencia profesional requerida en el empleo* (Real Decreto 676/1993 de 7 de mayo).

La competencia profesional reconocida por la comunidad científico-tecnológica tiene cuatro componentes principales:

- *Capacidad técnico-transformadora*

Es una componente individual del dominio que cada alumno tiene de los contenidos y de la utilización y manejo del instrumental característico del campo profesional.

- *La capacidad de responder a las contingencias*, a las situaciones no previstas.

Esta es una componente fundamental que se pide por parte del mundo empresarial a los técnicos.

- *La capacidad de trabajar en grupo*, aceptando diferentes roles y respetando la organización y llegando a conclusiones a través del diálogo.

- *La capacidad de producir respetando el medio ambiente*.

A esta finalidad básica de alcanzar las capacidades que permiten desempeñar y realizar situaciones de trabajo necesarias en el empleo obedece la estructura adoptada para los Títulos Profesionales y su proceso de elaboración.

Primeramente se precisan definir los principales conceptos y términos que intervienen en los Reales Decretos por los que se establecen los Títulos.

El Real Decreto de cada Título contiene un *Perfil Profesional* que ha servido para definir su formación.

Este perfil está formado por un conjunto de acciones y resultados de las personas en las situaciones de trabajo a las que deben de enfrentarse y que se han denominado *Realizaciones Profesionales*.

Estas realizaciones y logros profesionales que deben ser alcanzados en el campo del trabajo técnico tienen una doble cualidad en la que radica su valor fundamental: al mismo tiempo que son consideradas satisfactorias y aplicables a todas las organizaciones productivas del sector, infieren de ellas capacidades significativas, que intervendrán en los programas formativos de los alumnos.

Cada realización profesional o enunciado de competencia incluye un conjunto de *criterios de realización* que proporcionan un

referente para la evaluación del trabajo en contextos productivos y son también una guía para la evaluación de la competencia profesional en los centros educativos.

Estas realizaciones profesionales se agrupan en *Unidades de Competencia*, cada una de las cuales tiene *valor y significado* en el empleo.

En cada unidad de competencia se incluye un “*dominio profesional*” o campo de aplicación de las realizaciones profesionales que determinan los equipos, materiales, información, procesos, etc., que se han identificado en el sistema productivo y que intervienen en aquéllas.

Las enseñanzas del Ciclo Formativo se organiza en *Módulos Profesionales*, cuya finalidad es la de proporcionar a los alumnos la competencia profesional característica de cada Título.

Los Módulos pueden estar asociados a una unidad de competencia (los más específicos) o a varias (los denominados transversales). En las enseñanzas del ciclo formativo se incluye también un módulo de formación y orientación laboral que no tiene una relación directa con la competencia profesional.

Los Módulos Profesionales constituyen las unidades coherentes de la Formación Profesional específica que deben ser acreditados y certificados para conseguir la titulación, son equivalentes a los términos de “materia” y “área” en la formación general.

Los elementos curriculares que constituyen un módulo son los objetivos, expresados en términos de *Capacidades Terminales*, los criterios de evaluación y los contenidos.

Esta concepción modular de la formación, constituye la piedra angular de la nueva Formación Profesional ya que, además de conseguir la adecuación de la formación de los alumnos a los requerimientos de cualificación del sistema productivo, posibilita alcanzar también otros dos objetivos trascendentales:

1. Establecer las correspondencias y convalidaciones con la práctica laboral y la Formación Profesional ocupacional, posibilitando

a la población adulta a la “capitalización” en el sistema educativo de los aprendizajes y experiencia profesional.

2. Permitir la realización de una oferta modular a la población adulta motivadora del progreso en su cualificación profesional.

El proceso de definición de los Títulos Profesionales ha estado guiado por una metodología definida por el “*Proyecto de Renovación de los contenidos de la Formación Profesional*”, perteneciente a la Dirección General de Formación Profesional Reglada y Promoción Educativa, y ha contado con las aportaciones de las Comunidades Autónomas con competencia educativa y de la Comisión Permanente del Consejo General de la Formación Profesional. La citada metodología puede sintetizarse en las etapas siguientes:

1. Estudio y caracterización de los sectores productivos en los aspectos económicos, tecnológico/organizativo, ocupacional y formativo.

2. Análisis funcional de los procesos de producción, identificando sus principales objetivos (los propósitos de las actividades de trabajo) y la competencia profesional necesaria para alcanzarlos. La citada competencia profesional se expresa mediante los correspondientes perfiles profesionales de cada título, que concretan lo que las personas deben de ser capaces de realizar en las situaciones de trabajo presentes y previsiblemente futuras, de tal forma, que los enunciados de esta competencia puedan ser explicables en todas las organizaciones productivas del sector, que tengan propósitos similares.

3. Estudio y diseño de los programas formativos de cada título, que permitan a los alumnos adquirir las capacidades necesarias para alcanzar la competencia profesional y el nivel de formación perseguido.

4. Contraste de las cualificaciones expresadas en el perfil profesional de la titulación y de su “Documento Base”, que a la vez posibilita el seguimiento del proceso de elaboración por parte de las organizaciones empresariales, sindicales, profesionales y otros organismos de la administración, y permita mejorarlo con su aportación.

El “Documento Base” de cada título profesional (D.B.T.) contiene dos partes bien distintas en su naturaleza y significado. La *pri-*

*mera* denominada “Referencia del sistema productivo” no tiene carácter normativo, contiene la expresión de las capacidades, realizaciones y dominios profesionales, demandados en el campo profesional correspondientes a cada titulación. Su competencia profesional se ha estructurado en “Unidades de Competencia” identificadas como un conjunto de realizaciones profesionales con valor y significado en el empleo.

La segunda parte, de carácter prescriptivo, se ajusta a lo establecido en el Proyecto del Real Decreto, de directrices generales sobre los títulos de Formación Profesional y contiene las “enseñanzas mínimas” correspondientes a cada titulación estructuradas en Módulos Profesionales, que tienen por finalidad proporcionar a los alumnos los aspectos básicos de la competencia profesional relativos a cada título.

El valor y significado en el empleo de las Unidades de Competencia y la concepción modular, constituyen la base del nuevo sistema de Formación Profesional y permiten establecer las correspondencias y convalidaciones con la práctica laboral y la Formación Profesional ocupacional, constituyendo, por todo ello, un primer paso en el camino hacia un *sistema integrado de Formación Profesional*, reiteradamente demandado por las organizaciones sociales, susceptibles de servir también, como instrumentos de mejora de la cualificación profesional de la población laboral.

## LA FAMILIA PROFESIONAL DE QUÍMICA

Mediante el estudio de los diferentes sectores y el análisis de los procesos de productivos realizados conjuntamente por expertos de los sistemas productivos y educativos, se analiza la preparación profesional, capacidades para realizar con destreza, eficacia y calidad las funciones y actividades de la producción, los alumnos de la nueva Formación Profesional.

Esta preparación debe lograr en los alumnos la “competencia profesional requerida en el empleo”, la adaptación al cambio en las cualificaciones, los conocimientos necesarios sobre la organización del trabajo en el sector correspondiente, la preparación para las relaciones y condiciones de trabajo y la adquisición de una entidad y madurez profesional motivadora de futuros aprendizajes.

Estos objetivos, establecidos en el Plan de Reforma de la Formación Profesional aprobada por el Ministerio de Educación y Cultura, guían a la elaboración de un nuevo Catálogo de Títulos Profesionales acordes con la nueva ordenación académica.

Estos Títulos Profesionales han sido enmarcados en sus respectivas Familias Profesionales, tomando como referencia fundamental las necesidades de cualificación en el sistema productivo de cada uno de los sectores.

La Familia Profesional de Química distribuye sus Títulos Profesionales en una gama de Ciclos Formativos de Grado Medio y Superior.

A continuación se mencionan los Ciclos Formativos de la Familia Profesional de Química.

### GRADO MEDIO

NIVEL	DENOMINACIÓN
MEDIO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratorio</li> <li>• Operaciones de fabricación de productos farmacéuticos</li> <li>• Operaciones de proceso de pasta y papel</li> <li>• Operaciones de proceso en planta química</li> <li>• Operaciones de transformación de plásticos y caucho</li> </ul>

### GRADO SUPERIOR

NIVEL	DENOMINACIÓN
SUPERIOR	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis y Control</li> <li>• Fabricación de productos farmacéuticos y afines</li> <li>• Industrias de proceso químico</li> <li>• Industrias de proceso de pasta y papel</li> <li>• Plásticos y caucho</li> <li>• Química ambiental</li> </ul>

En el anexo 1 (página 86), se indican los Reales Decretos y los BB.OO.EE. donde aparecen las enseñanzas mínimas, los currículos y las modificaciones (corrección de errores) de cada uno de los Ciclos Formativos de la Familia Profesional de Química.

Como referencia se indica a continuación, la Competencia General del perfil profesional, la duración de los ciclos y los Módulos Profesionales que componen cada uno de los Ciclos Formativos de la Familia Química.

## **CICLOS FORMATIVOS DE GRADO MEDIO DE LA FAMILIA PROFESIONAL QUÍMICA**

### Laboratorio

La competencia general de su perfil profesional es la de preparar muestras y realizar ensayos físicos, análisis químicos, pruebas microbiológicas, siguiendo procedimientos y métodos analíticos establecidos respetando las normas de seguridad y medioambientales prescritas.

La duración del Ciclo Formativo es de 1300 horas, distribuidas en un curso académico más un trimestre del curso siguiente, donde se realiza la Formación en Centros de Trabajo.

#### *Formación en Centros Educativos:*

Módulo 1: Operaciones básicas de laboratorio.

Módulo 2: Ensayos físicos y fisicoquímicos.

Módulo 3: Química y análisis químico.

Módulo 4: Pruebas microbiológicas.

Módulo 5: Información y seguridad en el laboratorio.

Módulo 6: Formación y orientación laboral.

#### *Formación en Centros de Trabajo:*

340 horas.

### Operaciones de fabricación de productos farmacéuticos

Su competencia general es realizar todas las operaciones de proceso y control de las diversas fases de fabricación de productos farmacéuticos y afines, controlando el funcionamiento, puesta en marcha y parada de los equipos, en condiciones de seguridad, calidad y ambientales establecidas, responsabilizándose del mantenimiento de primer nivel de los equipos.

La duración del Ciclo Formativo es 1400 horas, distribuidas en un curso académico más un trimestre del curso siguiente, en el cual se realiza la Formación en Centros de Trabajo.

#### *Formación en Centros Educativos:*

Módulo 1: Química aplicada.

Módulo 2: Servicios auxiliares de proceso químico.

Módulo 3: Operaciones de proceso farmacéutico.

Módulo 4: Dosificación y acondicionamiento de productos farmacéuticos.

Módulo 5: Organización, seguridad y ambiente químico.

Módulo 6: Instrumentación y control de procesos químicos.

Módulo 7: Formación y orientación laboral.

#### *Formación en Centros de Trabajo:*

440 horas.

### Operaciones de proceso de pasta y papel

La competencia general es realizar todas las operaciones básicas y de control de los diversos procesos de fabricación de pasta, papel y cartón, siguiendo las condiciones establecidas de seguridad, calidad y medioambientales y responsabilizándose del mantenimiento de primer nivel de los equipos.

La duración del Ciclo Formativo es de 1400 horas, distribuidas en un curso académico más un trimestre del curso siguiente, en el cual se realiza la Formación en Centros de Trabajo.

*Formación en Centros Educativos:*

Módulo 1: Servicios auxiliares de proceso químico.

Módulo 2: Fabricación de pastas celulósicas.

Módulo 3: Fabricación de papel y cartón.

Módulo 4: Instrumentación y control de procesos químicos.

Módulo 5: Organización, seguridad y ambiente químico.

Módulo 6: Química aplicada.

Módulo 7: Formación y orientación laboral.

*Formación en Centros de Trabajo:*

440 horas.

*Operaciones de proceso en planta química*

Su competencia general es realizar todas las operaciones básicas y de control de los diversos procesos químicos, controlando el funcionamiento, puesta en marcha y parada de los equipos, en condiciones de seguridad, calidad y ambientales establecidas, responsabilizándose del mantenimiento de primer nivel de los equipos.

La duración del Ciclo Formativo es de 1400 horas, distribuidas en un curso académico más un trimestre del siguiente curso, en el cual se realiza la Formación en Centros de Trabajo.

*Formación en Centros Educativos:*

Módulo 1: Química aplicada.

Módulo 2: Servicios auxiliares de proceso químico.

Módulo 3: Operaciones de proceso en planta química.

Módulo 4: Instrumentación y control de procesos químicos.

Módulo 5: Organización, seguridad y ambiente químico.

Módulo 6: Formación y orientación laboral.

*Formación en Centros de Trabajo:*

440 horas.

### Operaciones de transformación de plásticos y caucho

La competencia general es conducir/realizar todas las operaciones de elaboración, transformación y manipulación de plásticos y cauchos, incluida la preparación y puesta a punto de instalaciones, máquinas y utillaje de fabricación, responsabilizándose del mantenimiento de primer nivel, de la calidad de los materiales y productos, en las condiciones de seguridad establecidas.

La duración del Ciclo Formativo es de 1400 horas, distribuidas en un curso académico más un trimestre del curso siguiente, en el cual se realiza la Formación en Centros de Trabajo.

*Formación en Centros Educativos:*

Módulo 1: Materiales poliméricos y sus mezclas.

Módulo 2: Instalaciones de transformación.

Módulo 3: Métodos de transformación y moldeo de plásticos.

Módulo 4: Métodos de transformación y vulcanización de elastómeros.

Módulo 5: Acabado y control de calidad de productos de plástico y caucho.

Módulo 6: Formación y orientación laboral.

*Formación en Centros de Trabajo:*

440 horas.

## CICLOS FORMATIVOS DE GRADO SUPERIOR

### Análisis y control

Su competencia general es organizar y supervisar la actividad del laboratorio; desarrollar y aplicar técnicas de ensayo y análisis físicos, químicos o microbiológicos, sobre materias primas, productos químicos o alimentarios, orientados a la investigación, al análisis o al control de calidad y actuando bajo normas de buenas prácticas en el laboratorio de seguridad y ambientales.

La duración del Ciclo Formativo es de 2000 horas, distribuidas en dos cursos académicos. La Formación en Centros de Trabajo se realizará en tercer trimestre del segundo curso.

#### *Formación en Centros Educativos:*

##### *1º Curso:*

Módulo 1: Ensayos físicos.

Módulo 2: Análisis químico e instrumental.

Módulo 3: Análisis microbiológico.

Módulo 4: Seguridad y ambiente químico en el laboratorio.

Módulo 5: Formación y orientación laboral.

##### *2º Curso:*

Módulo 6: Organización y gestión del laboratorio.

Módulo 7: Técnicas analíticas integradas.

Módulo 8: Relaciones en el entorno de trabajo.

#### *Formación en Centros de Trabajo*

400 horas.

### Fabricación de productos farmacéuticos y afines

La competencia general es organizar y participar en una línea o equipo de producción, controlando el proceso farmacéutico y su nivel de calidad, cumpliendo las normas de correcta fabricación y supervisando el cumplimiento de las normas de seguridad y ambientales.

La duración del Ciclo Formativo es de 1400 horas, distribuidas en un curso académico más un trimestre del curso siguiente, en el que se realizará la Formación en Centros de Trabajo.

#### *Formación en Centros Educativos:*

Módulo 1: Organización y gestión en industrias de procesos.

Módulo 2: Áreas y servicios de planta farmacéutica.

Módulo 3: Proceso farmacéutico.

Módulo 4: Control de calidad en la industria farmacéutica.

Módulo 5: Seguridad y ambiente químico.

Módulo 6: Relaciones en el entorno de trabajo.

Módulo 7: Formación y orientación laboral.

#### *Formación en Centros de Trabajo:*

440 horas.

### Industrias de procesos químicos

La competencia general es realizar y controlar la actividad en la planta química, supervisando y controlando las distintas fases del proceso productivo. Supervisar el cumplimiento de normas de calidad, seguridad y ambientales.

La duración del ciclo formativo es de 1400 horas, distribuidas en un curso académico más un trimestre del curso siguiente, en el que se realizará la Formación en Centros de Trabajo.

*Formación en Centros Educativos:*

Módulo 1: Organización y gestión en industrias de procesos.

Módulo 2: Fluidodinámica y termotecnia en industrias de procesos.

Módulo 3: Proceso químico.

Módulo 4: Control de calidad en la industria química.

Módulo 5: Seguridad y ambiente químico.

Módulo 6: Relaciones en el entorno de trabajo.

Módulo 7: Formación y orientación laboral.

*Formación en Centros de Trabajo:*

· 440 horas.

*Industrias de proceso de pasta y papel*

Su competencia general es organizar y gestionar la actividad productiva, controlando las distintas fases del proceso de fabricación de pasta, papel y cartón y siguiendo las normas establecidas de calidad, seguridad, medioambientales y de productividad.

La duración del Ciclo Formativo es de 1400 horas, distribuidas en un curso académico más un trimestre del curso siguiente, en el que se realizará la Formación en Centros de Trabajo.

*Formación en Centros Educativos:*

Módulo 1: Organización y gestión en industrias de proceso.

Módulo 2: Fluidodinámica y termotecnia en industria de procesos.

Módulo 3: Proceso de pasta y papel.

Módulo 4: Control de calidad en la industria papelera.

Módulo 5: Seguridad y ambiente químico.

Módulo 6: Relaciones en el entorno de trabajo.

Módulo 7: Formación y orientación laboral.

*Formación en Centros de Trabajo:*

440 horas.

### Plásticos y cauchos

La competencia general es organizar y controlar las actividades de elaboración y transformación de materias poliméricas, para obtener artículos de plástico y caucho de calidad prescrita.

La duración del Ciclo Formativo es de 1400 horas, distribuidas en un curso académico más un trimestre del curso siguiente en el que se realizará la Formación en Centros de Trabajo.

*Formación en Centros Educativos:*

Módulo 1: Organización y control del proceso de la producción.

Módulo 2: Instalaciones de transformación de plásticos y caucho.

Módulo 3: Procesado de plásticos.

Módulo 4: Procesado del caucho.

Módulo 5: Control de calidad en transformaciones de plásticos y caucho.

Módulo 6: Relaciones en el entorno de trabajo.

Módulo 7: Formación y orientación laboral.

*Formación en Centros de Trabajo:*

440 horas.

## Química ambiental

Su competencia general es organizar y gestionar los medios y medidas de protección ambiental. Inspeccionar y controlar instalaciones para prevención y conservación del ambiente, analizar las muestras de afluentes y efluentes y proponer/establecer las medidas correctoras necesarias.

La duración del Ciclo Formativo es de 1400 horas, distribuidas en un curso académico más un trimestre del curso siguiente, en el que se realizará la Formación en Centros de Trabajo.

### *Formación en Centros Educativos:*

Módulo 1: Organización y gestión de la protección ambiental.

Módulo 2: Control de emisiones a la atmósfera.

Módulo 3: Control de residuos.

Módulo 4: Depuración de aguas.

Módulo 5: Seguridad química e higiene industrial.

Módulo 6: Relaciones en el entorno de trabajo.

Módulo 7: Formación y orientación laboral.

### *Formación en centros de Trabajo:*

440 horas.

## Anexo 1

Título	RD (E. Mín)	BOE (E. Mín)	RD (Currículo)	BOE (Currículo)	RD (1.ª Correc.)	BOE (1.ª Correc.)	RD (2.ª Correc.)	BOE (2.ª Correc.)
<b>GRADO MEDIO</b>								
Laboratorio	817/1993	29-07-93	1076/1993	18-08-93	2207/1993	08-02-94		
Operaciones de fabricación de productos farmacéuticos	816/1993	13-08-93	1075/1993	18-08-93	2207/1993	08-02-94		
Operaciones de proceso de pasta y papel	815/1993	13-08-93	1074/1993	18-08-93	2207/1993	08-02-94		
Operaciones de proceso en planta química	814/1993	30-07-93	1073/1993	17-08-93	2207/1993	08-02-94		
Operaciones de transformación de plásticos y caucho	818/1993	22-07-93	1077/1993	18-08-93	2207/1993	08-02-94		
<b>GRADO SUPERIOR</b>								
Análisis y Control	811/1993	12-08-93	1070/1993	16-08-93	2207/1993	08-02-94	1411/1994	09-08-94
Fabricación de productos farmacéuticos y afines	810/1993	28-07-93	1069/1993	14-08-93	2207/1993	08-02-94	1411/1994	09-08-94
Industrias de proceso químico	808/1993	08-07-93	1067/1993	13-08-93	2207/1993	08-02-94	1411/1994	09-08-94
Industrias de proceso de pasta y papel	809/1993	07-07-93	1068/1993	14-08-93	2207/1993	08-02-94	1411/1994	09-08-94
Plásticos y caucho	813/1993	10-08-93	1072/1993	17-08-93	2207/1993	08-02-94	1411/1994	09-08-94
Química ambiental	812/1993	12-08-93	1071/1993	16-08-93	2207/1993	08-02-94	1411/1994	09-08-94

## BIBLIOGRAFÍA

*Ley Orgánica 1/1990 de Ordenación General del Sistema Educativo*  
(B.O.E. 04-10-1990).

*Informe sobre la Experimentación de Módulos Profesionales.*

Ministerio de Educación y Ciencia.

Dirección General de Formación Profesional Reglada y  
Promoción Educativa.

*Programas de Garantía Social.*

Ministerio de Educación y Ciencia.

Dirección General de Formación Profesional y Promoción  
Educativa.

*Ciclos Formativos. Química I y II.*

Ministerio de Educación y Ciencia.

Dirección General de Formación Profesional Reglada y  
Promoción Educativa.

*Familia Profesional de “Química”. Tomos I y II.*

Ministerio de Educación y Ciencia.

Dirección General de Formación Profesional Reglada y  
Promoción Educativa.

Proyecto de renovación de los Contenidos de la Formación  
Profesional.



# EDUCACIÓN AMBIENTAL EN ESPAÑA

Mercedes Mahón Tabernero

Profesora Titular de Análisis y Química Industrial. IES Virgen de la Paloma.  
Madrid

## EDUCACIÓN AMBIENTAL

Uno de los grandes logros del siglo XX ha sido el desarrollo de la Educación Ambiental como respuesta a la grave situación socio-ambiental generada.

### Definición

Aunque es muy difícil definir lo que es EDUCACIÓN AMBIENTAL por la gran variedad de factores y de procesos que engloba, vamos a ver la definición que se elaboró en el Congreso Internacional de Educación y Formación sobre MEDIO AMBIENTE, celebrado en Moscú en 1987:

*“La Educación Ambiental es un proceso permanente, en el cual los individuos y las comunidades adquieren conciencia de su medio y aprenden los conocimientos, los valores, las destrezas, la experiencia y, también, la determinación que les capacite para actuar, individual y colectivamente, en la resolución de los problemas ambientales presentes y futuros”.*

Por lo tanto, tiene dos pilares básicos:

1. Toma de conciencia
2. Capacitar para la acción.

La EDUCACIÓN AMBIENTAL nos hace tomar conciencia del daño que nuestra actividad como humanos provoca sobre el medio

ambiente y, sobre todo, nos capacita para colaborar en la solución de los problemas.

“LA EDUCACIÓN AMBIENTAL ES, ANTE TODO, EDUCACIÓN PARA LA ACCIÓN”.

*(Libro Blanco de la Educación Ambiental en España).*

Por Educación se entiende no sólo la educación formal, sino también la educación no formal y la informal.

## **Nacimiento**

La EDUCACIÓN AMBIENTAL, como corriente de pensamiento, cobra importancia internacionalmente a partir de los años 70, celebrándose, desde entonces, multitud de conferencias y congresos internacionales:

– Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano (Estocolmo, 1972).

– Coloquio Internacional sobre Educación relativa al Medio Ambiente (Belgrado, 1975).

– Conferencia Intergubernamental sobre Educación relativa al Medio Ambiente (Tbilisi, 1977).

– Congreso Internacional de Educación y Formación sobre Medio Ambiente (Moscú, 1987).

– Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Río de Janeiro, 1992).

– Conferencia Internacional Medio Ambiente y Sociedad: Educación y Sensibilización para la Sostenibilidad (Tesolónica, 1997).

La Educación Ambiental nace como “respuesta a la crisis ambiental”. Y se habla de “crisis ambiental” y no de “problemas ambientales” coyunturales e independientes entre sí, porque hoy día se admite que todos los aspectos son interdependientes unos de otros: lo ambiental, lo económico, lo político, lo cultural, lo legal, lo ético,...

Es decir, no se trata tanto de buscar soluciones parciales a los problemas ambientales concretos, (vertidos incontrolados a los ríos, emisiones a la atmósfera o acumulación de residuos tóxicos, por ejemplo), sino plantearnos, desde la Educación Ambiental, si no nos encontramos ante un problema SISTÉMICO, es decir, un problema consustancial con el sistema económico actual.

LOS PROBLEMAS ECOLÓGICOS GLOBALES MÁS DESTACADOS SON:

- El cambio climático
- La destrucción de la capa de ozono.
- La lluvia ácida.
- La destrucción de los bosques y otros ecosistemas.
- La escasez de agua y la degradación de su calidad
- La contaminación de los océanos.
- La acumulación de residuos, (tóxicos y radioactivos).
- La pérdida de tierra cultivable y la desertización.
- La pérdida de diversidad biológica.

A ESTOS PROBLEMAS HAY QUE AÑADIR LOS GRANDES PROBLEMAS SOCIALES DEL PLANETA:

- Población en aumento, sobre todo en zonas más pobres.
- Fuerte polarización RICOS – POBRES.
- Multitud de conflictos bélicos.
- Gran expansión de las áreas urbanas (más de la mitad de los habitantes del mundo se alojan en ellas).

En conclusión, frente a la CRISIS AMBIENTAL, no podemos conformarnos con meras soluciones tecnológicas y con reformas puntuales, la Educación Ambiental tiene el reto de cuestionar aspectos fundamentales del actual proyecto de sociedad e implicar a los ciudadanos en la construcción de un modelo de sociedad que no lleve implícito la generación de estos problemas.

## Educación ambiental y desarrollo sostenible

Todo lo anterior enlaza con el concepto de “Desarrollo Sostenible”, que encontramos definido en el Informe BRUNDTLAND:

*“Desarrollo Sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”.*

Si bien, esta definición adolece de falta de concreción, sí es muy positiva en cuanto a que apunta cosas tan interesantes como:

- La necesidad de conservar los recursos naturales.
- Admitir que son limitados, (imposible el crecimiento sin fin).
- Marca objetivos sociales, (generación actual y futura), no individuales.
- Necesidad de solidaridad intra e intergeneracional.

Y ¿qué conlleva el aceptar todo lo anteriormente expuesto?:

1) La conservación de los recursos naturales implica tenerlo en cuenta en las políticas globales, regionales o locales, y por tanto, se necesita una gestión medioambiental adecuada.

2) El admitir que son limitados, (cosa obvia, por otra parte), lleva consigo que tenemos que adaptar el consumo a las posibilidades de producción que no impliquen impactos ambientales no absorbibles por el ecosistema global. O sea, todo lo contrario al sistema actual, donde el desarrollo económico se basa en el consumo desenfrenado de recursos, muchos de ellos no renovables.

3) El fijar objetivos sociales implica el lograr suficiente bienestar para toda la población del planeta, no para una minoría privilegiada. Esto nos plantea *“retos como la redistribución equitativa de los recursos y, con ella, la adopción de modos de vida más austeros, por parte de las sociedades más ricas, para dar opción a una vida digna a las más pobres”* (Libro Blanco de la Educación Ambiental en España).

4) La solidaridad intergeneracional obliga a preservar los recursos y las funciones ambientales fundamentales, es decir, no matar la capacidad potencial de alcanzar un bienestar sostenible.

5) Pero hay que reconocer que no es nada fácil el determinar de forma cuantitativa, qué se entiende por un modelo sostenible. ¿Cuáles serían las necesidades básicas a cubrir?, ¿cómo y con qué se satisfarían?, etc. Es un tema a debate para toda la sociedad, y no nos debemos conformar con que la sostenibilidad sea “una etiqueta de moda” de la que todos hablan.

## LA EDUCACIÓN AMBIENTAL EN ESPAÑA

### Su historia

En la historia de la Educación Ambiental en España, se pueden diferenciar tres etapas:

*Etapa inicial:* Con el paso a la democracia se da vía libre al asociacionismo y esto tiene una gran importancia en el campo ambiental por el nacimiento de movimientos ecologistas, conservacionistas, excursionistas,...

*Etapa institucional:* Con el desarrollo de las Autonomías durante los años 80, se crean los departamentos de Medio Ambiente, poniéndose en marcha muchas actividades como granjas-escuelas, aulas de naturaleza, etc.

En esta década cabe destacar la celebración de:

- Las Primeras Jornadas de Educación Ambiental (Sitges, 1983).
- Las Segundas Jornadas de Educación Ambiental (Valsain, 1987).
- Las Terceras Jornadas de Educación Ambiental. No se celebraron hasta Diciembre de 1998 en Pamplona.

*Etapa crítica:* En el 1990 se aprueba Ley de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE), donde se implanta la Educación Ambiental como materia transversal dentro del curriculum oficial.

En esta década, hay un planteamiento más crítico, se exige una mayor profundidad en el tratamiento de la Educación Ambiental, tarea que ha de extenderse a toda la sociedad y que ha de asumir los principios de la sostenibilidad.

Asimismo, se entiende que la Educación Ambiental ha de ir de la mano de una buena gestión ambiental si queremos afrontar la crisis ambiental, superando así la fase de voluntarismo y naturalismo inicial.

### Análisis actual

España, como parte integrante del grupo de países económicamente más desarrollados, también aporta su cuota en la crisis ambiental global. Los problemas detectados son:

El agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aguas continentales y marinas contaminadas</li> <li>• Recursos hídricos utilizados ineficazmente</li> </ul>
Residuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gran producción</li> <li>• Poco reciclaje</li> </ul>
Atmósfera	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Contaminación del aire</li> <li>• Contaminación acústica.</li> </ul>
Territorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentración en grandes ciudades (80% población en ciudades con más de 50.000 hab.)</li> <li>• Abandono del medio rural.</li> </ul>
Suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Destrucción del suelo cultivable</li> <li>• Desertización, contaminación.</li> </ul>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medios de alto consumo energético (coches, avión).</li> <li>• Crecimiento desmesurado de coches en la ciudad.</li> </ul>
Energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependencia de fuentes no renovables.</li> <li>• Despilfarro en el consumo.</li> <li>• Residuos radiactivos</li> </ul>
Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especies de flora y fauna amenazadas.</li> <li>• Muchos incendios forestales.</li> </ul>

Socialmente, lo que se detecta en España es:

- Aumento en la sensibilidad de la población hacia los problemas ambientales.
- Mayor apetencia por la Naturaleza, principalmente por parte de la población urbana, como lo evidencia: el desarrollo del “Turismo rural”, del “ecoturismo”, el creciente número de visitas a los espacios naturales protegidos,...

Pero, a pesar de ello, se siguen manteniendo los mismos parámetros de producción y de consumo, prácticamente “nuestra vida sigue igual”, aunque veamos su incompatibilidad con el medio ambiente y el desarrollo sostenible.

A este respecto, hay que destacar la falta de entendimiento entre los sectores productivos y el sector “ambientalista”; pareciera que sus intereses estuviesen encontrados.

El sector productivo tiene que asumir su parte de responsabilidad en el problema ambiental, eliminar la idea de que la cuestión ambiental es un *lujo antieconómico*, y descubrir que la aplicación de medidas pro-ambientales ha de ser entendido como una “*inversión*” que evita gastos o permite ahorros, no como un “*coste*”, pues los riesgos de su no aplicación serían grandes.

Además, habría también que evaluar las posibilidades de creación de nuevos empleos, que conllevaría un sistema productivo más cuidadoso con el medio ambiente.

Institucionalmente, hay que señalar que al ser España un Estado de Autonomías, se dan muy diversos niveles administrativos:

- Administración General del Estado, Administración Autónoma, Administración Local.

Todas ellas con competencias medioambientales. De ahí la necesidad urgente de su coordinación para evitar duplicar esfuerzos o crear vacíos competenciales.

## PRINCIPIOS BÁSICOS DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL

Los principios básicos más destacados de la Educación Ambiental son:

- Implicar a toda la Sociedad.
- Actuar con mentalidad abierta.
- Desarrollar un pensamiento crítico.
- Plantear actuaciones coherentes y creíbles.
- Potenciar la participación a todos los niveles.

### **Implicar a toda la Sociedad**

La Educación Ambiental debe extenderse a todos los sectores de la población, en su doble vía, como destinatarios, (educandos), y como nuevos educadores.

La Educación Ambiental debe generar un sentimiento de responsabilidad compartida sobre nuestro entorno, que nos haga sentirnos capaces de intervenir en la resolución de los problemas, superando la sensación de impotencia.

### **Actuar con mentalidad abierta**

Hay que partir de la base de que nadie sabe, a ciencia cierta, las soluciones a la crisis ambiental ante la cual nos encontramos; así pues, es necesario acabar con las barreras que constriñen la Educación Ambiental a ciertos profesionales, a ciertas instituciones o determinados sectores sociales. Hay que promover los encuentros, intercambios y cooperación entre todos.

### **Desarrollar un pensamiento crítico**

- Comprender las principales cuestiones socio-ambientales.

– Analizarlas y valorarlas, poniendo en cuestión todos los factores causantes de la crisis.

– Marcarse como objetivos de la Educación Ambiental, así como de la Educación para el Desarrollo Sostenible, los de EQUITAD, SOLIDARIDAD y JUSTICIA SOCIAL.

### **Plantear actuaciones coherentes y creíbles**

Dos problemas que pueden ser grandes obstáculos para la acción educativa son:

– *La falta de coherencia*: hace falta congruencia entre el mensaje emitido y la acción llevada a cabo, entre los objetivos marcados y los medios disponibles, etc.

– *La falta de credibilidad*: que afecta sobre todo a la Administración y algunos grupos sociales, y, claro, si falta la credibilidad, se haga lo que se haga, no calará en las personas.

### **Potenciar la participación a todos los niveles**

Es imprescindible abrir los cauces de participación, tanto individual como colectiva.

Así pues, hay que apoyar el movimiento asociativo y fomentar el voluntariado como vías de participación comunitaria.

### **Ámbitos de la acción educativa ambiental**

#### **• Introducción**

Los ámbitos de la acción educativa no son compartimentos estancos, sino que se entremezclan entre sí.

Para una mayor claridad en la exposición vamos a ir analizando cada uno de los ámbitos de la acción educativa ambiental, sabien-

do que, con seguridad, cada uno de nosotros nos sentiremos implicados en varios de estos ámbitos, pero es una forma de poder llevar a cabo el análisis.

- ***Sistema educativo-Educación formal***

La educación formal permite un aprendizaje progresivo, que es difícil garantizar en otros contextos. La formación ambiental de niños y jóvenes no sólo es importante de cara al futuro, sino también por la influencia que ejercen sobre sus familiares y adultos próximos en el presente.

El sistema educativo formal es, quizás, el ámbito donde se han invertido más esfuerzos y más tiempo, pero aún presenta carencias importantes. La formación ambiental debe extenderse desde la educación infantil a la formación universitaria, atravesando todas las disciplinas y ámbitos curriculares.

- ***Educación infantil, Primaria, ESO, Bachillerato***

La incorporación de la Educación Ambiental como enseñanza transversal en el currículo de la Educación Infantil, Primaria, Secundaria Obligatoria y Bachillerato, supone el reconocimiento desde el sistema educativo, de la importancia fundamental del Medio Ambiente en la vida de las personas y en el desarrollo de la sociedad.

El tratamiento transversal de la Educación Ambiental se ve reforzado con la presencia, en estos niveles educativos, de materias obligatorias u optativas con marcado componente ambiental

Los contenidos coincidentes con los de la Educación Ambiental aparecen en las áreas:

- “El medio físico y social”  
(Educación Infantil)
- “Conocimiento del medio natural, social y cultural”  
(Educación Primaria)

- “Ciencias de la naturaleza” y “ciencias sociales, geografía e historia”.  
(E.S.O.)
- “Energías alternativas y medio ambiente”  
(optativa E.S.O.)
- “Ciencias de la tierra y del medio ambiente”  
(optativa Bachillerato)

En el Bachillerato, la materia “Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente”, trata de ser una síntesis y aplicación de:

- Ciencias de la Naturaleza: Geología, Biología, Química y Ecología.
- Ciencias Sociales y Humanidades: Geografía e Historia, Filosofía, Psicología.

Tiene contenidos procedimentales y actitudinales, y hace una aproximación a los métodos de trabajo científicos. Tiene un papel formativo en el Bachillerato, en tanto que promueve una reflexión científica sobre los problemas medioambientales y, por lo tanto, eleva el nivel de la Educación Ambiental.

En cuanto a la experiencia del profesorado que imparte estas materias, destacan como problemas:

- Escasez de dotaciones, recursos y apoyos externos.
- Carencia de coordinación entre las áreas y los departamentos.
- Falta de acuerdos claustrales.
- Se reduce a actividades aisladas por empeño personal del profesorado.
- Necesidad de ampliar la oferta de formación inicial y permanente para este profesorado, ya que ésta, en la mayoría de los casos, está basada en un voluntarismo personal de cada profesor.

Como positivo apuntan:

- Materias muy interesantes
- Libros de texto bien perfilados (sobre todo el de Bachillerato)
- Permeabilidad de los alumnos para estos temas

### • *Formación Profesional*

En la Formación Profesional específica, la formación ambiental se lleva a cabo en tres niveles:

1) Aquellas titulaciones que están relacionadas directamente con la mejora ambiental.

- Técnico Superior en Química Ambiental  
(Familia Química)
- Técnico Superior en Salud Ambiental  
(Familia de Sanidad)
- Técnico Superior de Gestión y Organización de Recursos Naturales y Paisajísticos  
(Familia de Actividades Agrarias)
- Técnico en Trabajos Forestales y Conservación del Medio Natural  
(Familia de Actividades Agrarias)

2) En aquellos Ciclos Formativos que capacitan para el desarrollo de una profesión que conlleva determinados riesgos ambientales, existen módulos profesionales específicos relacionados con la Seguridad y el Ambiente.

3) En todos los Ciclos Formativos, se imparte un módulo profesional de Formación y Orientación Laboral con contenidos ambientales.

Vamos a detenernos un poco en los dos primeros.

→ *Salud Ambiental*

*Perfil profesional*

La competencia general de este perfil se corresponde con las siguientes funciones:

- Realizar las operaciones de inspección necesarias para identificar, controlar, vigilar y, en su caso, corregir los factores de riesgo ambiental para la salud.
- Desarrollar programas de educación y promoción de la salud de las personas en su interacción con el medio ambiente, bajo la supervisión correspondiente.

→ Química Ambiental

*Perfil profesional*

La competencia general de este perfil se corresponde con las siguientes funciones:

- Organizar y gestionar los medios y medidas de protección ambiental.
- Inspeccionar y controlar instalaciones para prevención y conservación del ambiente.
- Analizar las muestras de afluentes y efluentes.
- Proponer y establecer las medidas correctoras necesarias.

Las necesidades que manifiestan los profesores que imparten estas materias son:

- Potenciar la formación del profesorado en tecnologías ambientales específicas, en relación con: el control de la contaminación atmosférica, depuración de aguas, gestión de residuos, gestión ambiental y realización de ecoauditorías.
- Facilitar las estancias formativas del profesorado en empresas relacionadas con la gestión ambiental.

- Favorecer la elaboración de material didáctico aplicado a la Formación Ambiental y a la adquisición de determinadas destrezas.
- Potenciar la participación del profesorado en proyectos de innovación en torno a la Formación Ambiental.
- Fomentar las auditorías ambientales de los centros docentes como actividad de aprendizaje y evaluación.
- Facilitar cualquier tipo de proyecto o actividad que vaya orientada hacia la Educación Ambiental, por ejemplo: Semanas Ambientales, abiertas a todo el Centro Docente.
- Poner los medios para una Gestión Ambiental correcta de los Centros Educativos que imparten Formación Profesional específica, teniendo en cuenta sus características especiales en cuanto a consumo de recursos y producción de residuos.
- Potenciar, desde la administración, los puestos de trabajo a los que tendrían acceso estos alumnos, exigiendo estas titulaciones para su desempeño e incluyéndolos en el catálogo de profesiones.

#### • *Enseñanza Universitaria*

En la Enseñanza Universitaria, y a partir de la Reforma de las Titulaciones Universitarias, la Educación Ambiental, (con esta denominación o con otras similares), ha pasado a integrar los Planes de Estudios de distintas titulaciones. En el ámbito de las Ciencias de la Educación, se ha incluido como asignatura optativa, de libre configuración y, en algunos casos, como asignatura obligatoria en títulos como Licenciado en Pedagogía, Licenciado en Psicopedagogía, Diplomado en Educación Social y en el abanico de Diplomaturas en Magisterio. Las titulaciones de vocación ambiental en el campo de las Ciencias Naturales, han sido más refractarias a la incorporación de la Educación Ambiental como materia específica de los Planes de Estudios, aunque se han incluido temas o contenidos educativos en otras materias más generales. En la Licenciatura en Ciencias Ambientales aparece una asignatura titulada Educación Ambiental, como materia optativa.

La ubicación de la Educación Ambiental en el Primer y Segundo ciclo universitario, cumple la función de que los titulados reciban una información y una formación básica sobre el papel que puede jugar la Educación en la respuesta a la crisis ambiental. La misma estructura de los planes de estudio, fragmentada en materias que no suelen superar los 4 ó 6 créditos (40 ó 60 horas de docencia teórico-práctica), impide ofertar una formación más especializada.

Por tanto, la presencia de la Educación Ambiental en el currículum de las nuevas Titulaciones Universitarias, se orienta más a una formación básica de los titulados que van a ejercer en el campo profesional de la Educación o del medio ambiente, que no lo van a hacer, en su inmensa mayoría, como “especialistas” en Educación Ambiental y que, de ser así, tendrán que especializarse en ciclos superiores o en otras instancias formativas.

Los programas del Tercer Ciclo Universitario, tal y como se han contemplado hasta ahora, están eminentemente orientados a la formación de investigadores, siendo un requisito formativo y académico para acceder al grado de Doctor. Un requisito importante para acceder a ellos es estar en posesión del título de Licenciado. La presencia de la Educación Ambiental en esta modalidad de formación se ha limitado, hasta ahora, a la inclusión de seminarios puntuales en programas más amplios, tanto en aquellos promovidos desde Áreas de las Ciencias de la Educación, como desde las Ciencias Sociales, o las Ciencias Naturales. Este dato cuestiona las posibilidades de especialización en Educación Ambiental que se puedan derivar de esta modalidad formativa. No obstante, desde los años setenta y fruto de esta vía académica, se han defendido bastantes tesis doctorales cuya temática se puede situar en el campo de la Educación Ambiental. Desde algunos colectivos interesados en el desarrollo de la formación y de la investigación universitaria especializada en Educación Ambiental, se ha propuesto el diseño de programas de tercer ciclo monográficos, con la posibilidad de implicar a distintas Áreas de Conocimiento para dotarlas de la necesaria cobertura interdisciplinar y a distintas universidades.

Otra vía para acceder a la formación universitaria especializada en Educación Ambiental son los Cursos de Postgrado y los

Másters. Ésta es, de hecho, la opción hasta ahora predominante, puesto que elude los condicionantes formales de los estudios de Primero, Segundo y Tercer Ciclo, y permite a los promotores un elevado margen de autonomía organizativa, académica y científica en el diseño de programas altamente especializados. Como problemas asociados a esta modalidad de formación se han citado, entre otros, los siguientes: el alto coste de matrícula que suelen comportar; las dificultades, en algunos casos, para homologar la formación; la inexistencia de controles de calidad; los requisitos académicos que es imprescindible cumplir para acceder a esta oferta (que limita esta vía de formación a titulados universitarios).

En estos niveles, y desde la óptica de la Educación Ambiental, se detecta lo siguiente:

– Carencias en la formación del profesorado universitario en relación con la Educación Ambiental

– Escasos equipos interdisciplinares que aborden conjuntamente la problemática ambiental

– Falta de criterios ambientales en la gestión de las Universidades que permitan:

- Mejor aprovechamiento de los recursos.

- Prevención de los riesgos ambientales.

- Desarrollo de las Buenas Prácticas Ambientales (BPA).

- Realización de ecoauditorías periódicas.

– Mínima colaboración de la Universidad, en materia de educación ambiental, con:

- Administraciones, Asociaciones Ciudadanas, Sector Empresarial.

– Necesidad de potenciar la investigación en la Universidad sobre Educación Ambiental

## • *Educación no formal e informal*

Si el sistema educativo formal necesita mejorar, como hemos visto, en el campo de la Educación no formal, se necesita trabajar a fondo.

Es fundamental integrar la Educación Ambiental en los sistemas de formación para el empleo y de forma continua:

– Escuelas taller, Casas de oficios, Cursos de reciclaje y Cursos de especialización para llegar a un importante núcleo de población como son los trabajadores y técnicos del país.

Por otra parte, habría que intensificar la Formación Ambiental de los sectores profesionales directamente vinculados a la cuestión ambiental y, más aún, es necesario incidir en la Formación Ambiental de todo profesional, sea del sector que sea, pues cualquier actividad tiene consecuencias ambientales directas o indirectas.

En todo este campo de acción, tiene capital importancia la labor llevada a cabo por las distintas asociaciones, colectivos, ONG's, etc., o sea, lo que podría denominarse como "organizaciones independientes sin ánimo de lucro".

Cabe destacar de entre todas ellas, la labor llevada a cabo por las asociaciones conservacionistas y ecologistas en la generación de conciencia y de corresponsabilidad de la población en la mejora ambiental, desde los pequeños colectivos que trabajan el entorno más inmediato, a las grandes organizaciones de ámbito global.

Los problemas detectados en la Educación Ambiental no formal son:

– Atomización de las asociaciones: muchísimas y con pocos socios muchas de ellas.

– Problemas en las relaciones con las instituciones. La Administración debería reconocer y apoyar la labor social de las asociaciones y éstas colaborar críticamente con las iniciativas institucionales.

– Estas asociaciones han ido ganando en influencia social, hay un sector importante de la población que les da más crédito que a la Administración. Pero también es verdad, que existe todavía, en gran parte de la población, reticencia, hacia las asociaciones ecologistas, por verlas enemigas del progreso y extremistas.

- *Empresas y sindicatos*

- Empresas*

- El mundo productivo en general, ha permanecido muy ajeno a toda la cuestión ambiental hasta hace muy poco tiempo. De hecho, la Educación Ambiental no se introduce en las empresas hasta los años 90.

- Poco a poco, las empresas van asumiendo prácticas más responsables desde el punto de vista ambiental, obligadas, fundamentalmente, por la legislación, las sanciones económicas, así como, por la presión de las organizaciones ciudadanas y sindicales.

- Si bien es cierto que, últimamente, también está pesando sobre las empresas otro tipo de razones para la realización de mejores prácticas ambientales, como:

- El deterioro que sufre la imagen de una empresa que cause un problema ambiental.

- El rechazo de los consumidores a las actividades y productos que provocan un impacto ambiental.

- Poco a poco se va reconociendo que mejorar las prácticas ambientales reporta beneficios económicos a la empresa: ahorro de agua y energía, reutilización de residuos o subproductos, etc.

- La publicación por una parte del Reglamento 1836/93/CE y por otra parte de la ISO 14000/97, marcan un hito en el mundo empresarial respecto a la cuestión ambiental.

- Ambas publicaciones permiten que las industrias, (caso del Reglamento Comunitario), y las empresas en general, (caso de la ISO

14000), puedan implantar y certificar su propio sistema de gestión ambiental.

Cada día está más claro que es imprescindible llevar adelante el binomio educación-gestión, pues si una buena gestión es una gran herramienta educativa, la educación aumenta la efectividad de la gestión. De ahí, la importancia de que los sistemas de gestión ambiental los conozcan y respalden toda la plantilla de la empresa.

Además, un buen sistema de gestión conlleva la aplicación del sistema de auditorías ambientales o ecoauditorías, por el que aboga la normativa internacional. Ello exige la publicación de los resultados de la evaluación ambiental de las empresas, que sería de conocimiento público para todos, y podría ser un buen camino para que los consumidores apoyasen a las empresas con los mejores resultados y lo negasen a las que mayor incidencia ambiental produjesen.

Otra vía para una mejor información ambiental a los ciudadanos es el “etiquetado ecológico”, que aporta las repercusiones ecológicas de los productos, desde su pre-producción hasta su degradación. Pero, como ocurre muchas veces, esta vía se ha desvirtuado porque han aparecido en el mercado muchos productos con etiquetas que se autodenominan “ecológicas”, que no han sido normalizadas y, por tanto, son engañosas.

Hay que hacer notar que en el Sector Servicios, en general, apenas se ha desarrollado la Educación Ambiental, lo que supone un problema importante al que habrá que prestar atención prioritaria, ya que la actividad turística en nuestro país es muy relevante.

Pero la otra cara de la moneda en este Sector, la ocupan las Empresas de Servicios de Educación Ambiental, que nacen a partir de los años 80 y que llevan a cabo actividades muy variadas en torno a la Educación Medioambiental.

### Sindicatos

Los Sindicatos tienen un papel primordial en la difusión, sensibilización y formación ambiental entre sus afiliados, y de éstos al

resto de la empresa, con el objeto de introducir prácticas productivas que mejoren el Medio Ambiente y la salud en el trabajo. De hecho, ya desarrollan una gran variedad de actividades en este sentido. Pero el gran desafío en los próximos años para los Sindicatos, va a ser el pasar de las actividades de análisis, formación y sensibilización a la acción en los Centros de Trabajo.

Por ejemplo, en la negociación colectiva habrá que introducir los cambios necesarios en la gestión ambiental de las empresas, para conseguir mejoras en los problemas de salud y ambiente en el centro de trabajo, así como en el ambiente externo.

- **Medios de comunicación**

La elaboración de una información y su divulgación son herramientas de trabajo básicas en la Educación Ambiental.

Los medios de comunicación realizan este papel y, por tanto, contribuyen también a la Educación Ambiental. De hecho, los medios de comunicación han tenido una gran influencia en la difusión de conciencia ambiental. No en vano son, para algunos sectores de la población, la única fuente de información.

Pero, a pesar de ello, la labor de los medios de comunicación en estos temas es todavía insuficiente. Un análisis somero descubre:

*La prensa:* suele tratar los temas ambientales en secciones de sociedad o locales, no en una sección específica y permanente.

*La radio:* existen programas de periodicidad semanal, siendo muy raros los diarios. En estos programas se da información sobre problemas ambientales y se solicita la participación de los oyentes para expresar sus opiniones o propuestas. Se dan sobre todo en los canales de ámbito regional.

*La televisión:* normalmente, practica el género documental para temas relacionados con el Medio Ambiente. En muchas ocasiones, estos documentales tratan de presentarnos la Naturaleza más especta-

cular, su flora, su fauna, paisajes de ensueño, etc., pero se tocan poco los problemas ambientales. Por el contrario, cuando se hace eco de los desastres ecológicos que ocurren, se tratan con escasa profundidad.

En general, en todos los medios se detecta una atención insuficiente sobre los temas ambientales, y si en cualquier caso es criticable, en el caso de los medios públicos es exigible para responder a la función social que han de desempeñar.

Últimamente, es de reseñar, la aparición de revistas sobre temas de ecología y medio ambiente, deportes en la naturaleza, etc. Hay que aprovechar también las nuevas tecnologías informáticas y multimedia (INTERNET) para abrir nuevos caminos a la información ambiental.

La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) ha puesto en marcha EIONET (Red de Información y Observación Ambiental), que pondrá a disposición de los medios informativos un volumen ingente de documentación, recogida en todos los Estados miembros de la Unión Europea.

## **EXPERIENCIAS EN EL CAMPO DE LA EDUCACIÓN AMBIENTAL**

El análisis realizado pone de manifiesto que aún queda mucho camino por recorrer para acercarnos a los objetivos que se nos propone a través de la Educación Ambiental, pero sí es cierto que se va avanzando cada día más en este sentido y para demostrarlo y dejar un camino abierto a la esperanza, vamos a exponer algunas experiencias interesantes en el campo de la Educación Ambiental, tanto formal como no formal.

### **1. LA ESCUELA TALLER DE RECUPERACIÓN DE ECOSISTEMAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL**

Organizado por el MIMAM (Ministerio de Medio Ambiente) y el CENEAM (Centro Nacional de Educación Ambiental) en Navalcarnero – Móstoles. Es una experiencia de formación ocupacional medioambiental en el marco del programa de escuelas taller y

casas de oficios del INEM. Está dirigida a jóvenes desempleados entre 17 y 25 años, en busca del primer empleo y con problemas de fracaso escolar, inserción laboral y social.

Los objetivos a alcanzar son:

- Restauración de viveros y áreas degradadas de los márgenes del río Guadarrama.
- Formación profesional e inserción laboral de jóvenes desempleados.
- Creación de un vivero escuela y puesta en marcha de programaciones educativas en materia de reforestación.

## 2. EXPERIENCIAS MEDIOAMBIENTALES EN EL IES “VIRGEN DE LA PALOMA” DE MADRID.

### a) *Dirigidas a los alumnos de ESO y Bachillerato.*

– Aprovechamiento de un trozo del terreno del Instituto para la creación de un Jardín Botánico donde aprender las labores de jardinería y despertar el interés hacia las plantas y las flores, recuperación de especies autóctonas, etc.

– Elaboración de numerosos carteles alusivos al Medio Ambiente formando una exposición itinerante por todo el Instituto.

– Recogida selectiva de papel que luego sirvió para ser reciclado en el Laboratorio de Química por los alumnos de Química Ambiental.

### b) *Dirigidas a los alumnos de Química Ambiental*

– Cada año, los alumnos de Química Ambiental realizan un estudio del Impacto Ambiental que el Instituto causa en el medio. En realidad, es similar a una ecoauditoría o auditoría ambiental. Para realizar este trabajo, los alumnos han de aplicar todo lo aprendido en cada uno de los módulos. Esto les sirve para aunar, para verlo como un todo, no parcializado.

El trabajo consiste en :

1. Los alumnos, distribuidos en grupos de tres o cuatro personas, presentan un proyecto de realización del estudio del taller que les haya correspondido.

2. Elaboración del plan de muestreo de:

– Aguas vertidas, Residuos generados, Ruido, Seguridad.

3. Una vez tomadas las muestras, se pasa a la fase de laboratorio para aplicar las técnicas analíticas estudiadas.

4. Evaluación de los resultados, según la normativa vigente.

5. Propuestas de mejoras medioambientales para cada taller. Se pone en conocimiento de los jefes de taller.

6. Una comisión de entre todos los grupos elabora unas conclusiones y unas propuestas de mejoras medioambientales para todo el Instituto, que es entregado al Director para su conocimiento y puesta en práctica, si lo considera conveniente.

“SEMANA DEL MEDIOAMBIENTE”, con la colaboración de expertos del sector público y privado, y con participación de todos los Centros de Madrid donde se imparten Ciclos de Salud Ambiental y Química Ambiental.

Las principales actividades de esta semana fueron:

– Conferencias, coloquios-debate, concurso de carteles alusivos, exposiciones de paneles, con la colaboración de los alumnos de ESO y Bachillerato.

– Para el curso próximo se pretende implantar un Sistema de Gestión Medioambiental, empezando por los laboratorios para luego extenderlos al resto de los talleres y al Instituto en general.

**3. TALLER DE EDUCACIÓN AMBIENTAL: UNA EXPERIENCIA DE AUTOFORMACIÓN.**

Organizado por el Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Santiago de Compostela.

El taller de Educación Ambiental es un grupo de trabajo multidisciplinar, integrado por profesores de distintos niveles del sistema educativo, (Educación Infantil, Primaria, Secundaria, Universidad), y por otros profesionales de la educación que trabajan en el sector no formal.

Las actividades que llevan a cabo son:

- Anualmente se elige un tema de interés y sobre él se desarrollan: conferencias, mesas redondas, debates, exposiciones, visitas-estudio, etc..

- Elaboración de materiales didácticos de apoyo a la Educación Ambiental. Así nació la serie “*Cuadernos Temáticos de Investigación*”.

- Organización y/o participación en: Cursos de formación en Educación Ambiental, Congresos, Jornadas,...

- Organizar actividades para la “ambientalización” de los centros. Por ejemplo, el desarrollo de una campaña de Recogida Selectiva de papel para su posterior reciclado.

- En el ámbito internacional, ha llevado a cabo colaboraciones diversas, por ejemplo: en la organización del primer Evento Internacional sobre Biodiversidad y Turismo, así como del Congreso Internacional sobre Estrategias y Prácticas en Educación Ambiental.

#### 4. “PROYECTO DE EDUCACIÓN ENERGÉTICA Y SU RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE.”.

Organizado por la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid, dirigido a los alumnos del Primer y Segundo ciclo de Enseñanza Secundaria Obligatoria.

Los objetivos de este proyecto son:

- La concienciación desde la infancia en el ahorro energético.
- El conocimiento del futuro de las ventajas de las energías renovables.

**BIBLIOGRAFÍA**

“Comisión Temática de Educación Ambiental”. *Libro Blanco de la Educación Ambiental en España*. Ministerio de Medio Ambiente. 1999.

LUCINI, Fernando G. *Temas Transversales y Educación en valores*. Anaya. 1994.

UNESCO. “*Rapport Final*.” *Conferencia Intergubernamental sobre Educación Medioambiental*. Unesco. Tbilissi, 1977.

CALVO, D., MOLINA, T. y SALVACHUA, J. *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Edit. McGraw Hill. 1998.

DE FELICE, J., GIORDAN, A. y SOUCHON, C. *Enfoque interdisciplinar en la Educación Ambiental*. Unesco. 1994.

*Ponencias y Experiencias de las III Jornadas de Educación Ambiental*. Pamplona, 1998.

*Material del Curso de Actualización Científica y Didáctica en Medio Ambiente en la Universidad de Alcalá de Henares*. Madrid, 1997.

GIORDAN, A. et col. “*Educación sobre el Medio Ambiente: una nueva dimensión de la Educación*.” *Catálogo de la Exposición Internacional*. Bulletin CCI Centre Pompidou, n.º 9. París, 1979.



# INVESTIGACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. MÉTODOS ANALÍTICOS

Octavio Cedenilla Martín

Técnico-Investigador del Centro de Ciencias Medioambientales. CSIC.  
Madrid

## INTRODUCCIÓN

Medio Ambiente es un término que continuamente está presente en nuestra vida, pero difícil de definir porque en cierto modo se extiende a todo cuanto nos rodea: aire, agua, tierra y, como consecuencia de ello, la vegetación y vida animal existente. En cualquier actividad que realicemos, nos encontramos con algo relacionado con estos grandes grupos. Ahora bien, la pregunta es si cuidamos de todo ello o, simplemente, sabemos que está ahí. Y cómo podemos saber si existe deterioro o contaminación del mismo: por opinión, simplemente, o quizá es necesario una observación y una confirmación analítica mediante técnicas, (disponibles en los laboratorios), aplicadas a estudios y teniendo en cuenta las leyes comúnmente aceptadas por los países para tener unos criterios que sirvan de guía a la hora de ser conscientes con el medio y apoyen nuestra opinión o criterio.

A la hora de enfocar la investigación, es necesario tener tanto una idea clara y concisa de aquello que se pretende investigar, como de los medios de los que disponemos para poder alcanzarla.

El Medio Ambiente es muy grande y difícil de estudiarlo todo a la vez, esto obliga a realizar una investigación multidisciplinar en la que intervengan investigadores de todas las ramas disponibles. A su vez, esta amplitud origina unos gastos económicos importantes debido a que estos proyectos no se llevan a efecto en tiempos cortos.

Los proyectos de investigación son presentados a distintos organismos o a empresas privadas interesadas en un estudio determinado.

Los estudios ambientales están agrupados en cuatro grandes temas: agua, suelo, planta y aire.

Aspectos comunes a estos cuatro temas y a cualquier investigación o estudio pueden ser:

¿dónde se va a efectuar el estudio?

¿cómo se va a realizar?

¿de qué técnicas disponemos para el análisis?

¿de qué personal?

Porque, en numerosas ocasiones, los equipos analíticos y el personal disponible marcan la pauta a la hora de realizar la investigación. No se puede estudiar un parámetro si no existe una analítica posterior que nos ofrezca un resultado del mismo.

## DISEÑO DEL MÉTODO ANALÍTICO

Es importante elegir un método de análisis antes de comenzar el proceso. Esto nos obliga a realizar un planteamiento de lo que pretendemos conseguir. Así, un método analítico puede tener algunas etapas que se indican a continuación.

### **Etapas:**

#### *Definición del problema:*

- Propiedades físicas de la muestra
- Tipo de matriz
- Concentración y los rangos de los elementos a determinar
- Exactitud y precisión requerida
- Cantidad de muestra disponible

## ***Bibliografía***

### ***Elección del procedimiento***

### ***Comprobación del método***

Dentro del procedimiento no se puede olvidar:

- a. Toma de muestra
- b. Pretratamiento de la muestra
- c. Puesta en disolución.

Si el equipo del cual dispone presenta limitaciones, nos veremos obligados a tener en cuenta una serie de factores sin los cuales no seríamos capaces de llevar a buen camino nuestro análisis:

a) *Preconcentración de la muestra*. Es necesario realizar esto cuando nuestro equipo no alcanza las sensibilidades que pretendemos obtener.

b) *Eficacia de la introducción de las muestras*. Aunque existen sistemas alternativos que mejoran el rendimiento.

c) *Interferencias*, magnitud y alcance de las mismas.

Estos y otros factores hay que tenerlos en cuenta a la hora de desarrollar un procedimiento adecuado y no olvidar los errores que puedan aparecer en cualquier etapa.

Existen numerosos sistemas de introducción de muestras en los sistemas analíticos, dependiendo de la técnica utilizada al objeto de mejorar la eficacia de la inyección. No existe un sistema universal, si bien, con la ayuda de algún sistema de bomba peristáltica, por ejemplo, se favorece la estabilidad del flujo de inyección y se minimizan los efectos de viscosidad.

### ***Puesta en disolución de las muestras sólidas***

- Mineralización mediante vía seca o calcinación
- Mineralización por vía húmeda: Extractantes  
Reactivos ácidos
- Mineralización por microondas

### ***Muestras líquidas***

- Filtrado
- Mineralización

### ***Acondicionamiento del laboratorio para el análisis de elementos traza***

Al hablar de elementos o sustancias a niveles traza, estamos hablando de unos niveles de muy baja concentración. Por lo tanto, es conveniente observar una escala que refleje los niveles de concentración en los cuales vamos a trabajar en el análisis de estas sustancias:

- Mayoritarios: > 1%
- Minoritarios: < 1%
- Trazas: 10-1000 mg/L
- Microtrazas: 0.01-1 mg/L
- Ultramicrotrazas: < 0.01 mg/L

El análisis de trazas requiere adoptar prácticas en el laboratorio cuyo objetivo sea minimizar los errores asociados a ciertos parámetros y que, de alguna manera, puedan afectar a la bondad de los resultados en cada una de las etapas a realizar.

### ***Tipos de errores en los resultados analíticos***

Pueden clasificarse en dos grandes grupos:

a) *Determinados:*

- Instrumentales
- Personales
- Método inadecuado
- Errores de muestreo
- Errores en la calibración
- Interferencias

Éstos pueden ser, a su vez, constantes o proporcionales y pueden calcularse de alguna forma.

b) *Indeterminados:* Debidos al funcionamiento de aparatos, suelen estar relacionados con el grado de incertidumbre y afectan a la precisión.

Teniendo en cuenta los errores determinados podemos hablar, además, de errores por:

- *Procesos de contaminación:* blancos , patrones y muestras.
- *Pérdida del analito:* debidos a la desaparición de una parte, más o menos importante, del analito que se encontraba inicialmente en la muestra.

Importante es, también, controlar la calidad de la atmósfera del laboratorio, reactivos y materiales a utilizar, en los cuales pueden producirse procesos de: *Absorción, Lixiviados o Desorción*, donde estos procesos pueden afectar a los resultados en concentraciones del orden de 0.001 M. Si bien, están condicionados por factores como: características de la muestra o del material, tiempo de contacto y las condiciones en las que se pueden producir estos procesos. Por lo tanto, es necesario considerar estos factores de manera conjunta para intentar prevenir, en lo posible, los fenómenos de interacción.

### ***Materiales***

Los materiales más adecuados para el análisis de elementos traza son: *Silíceos, plásticos o metálicos*. Cada uno de estos materiales

posee una estructura más o menos adsorbente y el proceso de fabricación va a determinar la presencia o no de esos materiales de sustancias impuras que pueden ser lixiviados en el proceso en unas condiciones concretas. Todo esto obliga a un pretratamiento y limpieza del material de laboratorio, entre los que predominan los procedimientos en los que se emplean disoluciones ácidas a diferentes concentraciones y temperatura, dependiendo de la resistencia del material a limpiar.

### **Reactivos**

La pureza de éstos estará de acuerdo con el nivel de concentración esperado en las muestras y con la técnica a emplear en cada determinación. A menudo nos encontramos con términos como *puro*, *ultrapuro*, *superpuro*, *espectrograficamente puro*, ..., esto no significa nada si no van acompañados de un detallado certificado de análisis.

### **Agua**

Puede considerarse como un reactivo más, que debe utilizarse en la medida de lo posible *ultrapura*, aunque esto es el resultado de la combinación de varias técnicas de purificación como son: *ósmosis inversa*, *cambio iónico*, *filtración en membrana*, *adsorción en carbón* y *fotooxidación UV*.

La efectividad de estos equipos afecta a sustancias orgánicas, bacterias, partículas o inorgánico.

### **Gases**

En cuanto a los gases empleados en el análisis, su pureza debe estar al menos con 4 nueves, esto significa puridades superiores al 99.99%

## **EL ANÁLISIS INSTRUMENTAL**

Concepto de las técnicas instrumentales: "*Se puede definir a todo el conjunto de técnicas analíticas que emplean un instrumento o*

*equipo para la obtención de resultados analíticos procedentes de alguna propiedad física o química de la muestra objeto del análisis."*

Ventajas e inconvenientes

*Ventajas*

- \* Más objetivos
- \* Más precisos
- \* Más selectivos
- \* Menos duración del análisis  
sustancia que actúa como patrón
- \* Adaptación a aparatos de  
registro gráfico
- \* Visualización de los resultados

*Inconvenientes*

- \* Más costosos
- \* Calibración previa: resultados  
relativos a la medida del valor  
físico-químico obtenido con otra  
sustancia que actúa como patrón
- \* Técnicos expertos

## CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS ANALÍTICAS

Esta clasificación de las técnicas instrumentales está realizada en función del fenómeno físico-químico que utilizan para efectuar la medición. A continuación, se presenta una clasificación en tres grandes grupos y en otro el resto de técnicas no incluidas en estos tres, sin olvidar, que pueden ser igual de importantes a la hora de obtener resultados.

*1. Métodos de interacción de la radiación electromagnética con la materia*

- Espectrometrías de emisión atómica
- Espectrometrías de absorción atómica
- Espectroscopias moleculares

*2. Métodos de separación*

- Electroforesis
- Cromatografías

- Espectrometría de masas

### 3. Métodos electroquímicos

- Potenciometrías

- Conductimetría

- Volumetrías

### 4. Otros

- Autoanalizadores automáticos

- Análisis elemental

- etc.

Como vemos, existen una gran variedad de técnicas analíticas con las que se intenta cubrir la demanda, cada vez mayor, de parámetros que nos indiquen alguna problemática existente, o bien, que nos orienten y ayuden en nuestra resolución de los problemas. No podemos olvidar la gran variedad de compuestos químicos que existen, tanto inorgánicos como orgánicos, o incluso dentro de algunos de ellos a la especie que se puede encontrar presente y que puede ser más perjudicial que otra.

En un intento de resumir esta compleja analítica, podemos indicar algunos de los parámetros que podemos cuantificar con estas técnicas, sin olvidar que hay parámetros que, a veces, no queda más alternativa que recurrir a técnicas clásicas de volumétrica o desarrollo de color.

## 1. Métodos de interacción de la radiación con la materia

Considerando un medio material al ser alcanzado por una radiación electromagnética (REM), se producirá algún tipo de interacción entre ambos. Esta energía de REM no es absorbida permanentemente, sino sólo retenida temporalmente por la materia para retornar al estado inicial. Cuando esto ocurre se va a producir una reemisión de la radiación en todas las direcciones del espacio, pero con particularidades según las circunstancias...

*Espectroscopia:* Es el conjunto de técnicas instrumentales basadas en el fenómeno de dispersión y absorción de la luz.

Su objeto es determinar la especie o la concentración de la sustancia que emite o absorbe una determinada radiación después de dispersarse por un sistema adecuado.

Cada una de estas técnicas son operativas en una región del espectro electromagnético:

Atómicas: región Ultravioleta o Visible.

Moleculares: Ultravioleta visible, Infrarrojo.

### **1.1. Espectroscopias atómicas**

La importancia de estas técnicas se entiende fácilmente cuando se comprueba que se pueden determinar, bien cualitativa o cuantitativamente, la mayoría de los elementos de carácter metálico y semimetálico.

Las matrices en las que se pueden analizar los elementos, son muy variadas. Esto afecta a los límites de sensibilidad, que varían de una técnica a otra, pero en la mayoría de los casos, del orden de los mg/l en disolución y, para algunos elementos y técnicas, de los mg/l en disolución.

Son técnicas con pocas interferencias y rápidas en la obtención de resultados.

Clasificación:

a) Emisión atómica: Plasmas

Fotometría de llama

b) Absorción atómica: Con llama

Cámara de grafito

Generación de hidruros

c) Espectrometría de plasma-masas

La ecuación básica de la espectroscopia atómica sería:

$$E_i \text{ ————— } E_o + h\nu$$

Siendo:  $E_i$ , estado ionizado

$E_o$ , estado fundamental

$h$ , constante de Plank

$\nu$ , frecuencia

Observada esta ecuación hacia la derecha, estaríamos hablando de una emisión por parte de los átomos excitados previamente. Observada en sentido contrario, se trata de una absorción de radiación por parte de un vapor atómico.

Las transiciones electrónicas pueden ser desde el nivel fundamental al nivel más próximo o a otro nivel excitado de mayor energía. Este fenómeno permite obtener en la emisión una gran riqueza de líneas con las que se podrá trabajar.

#### a) *Espectrometría de emisión atómica:*

Cuando a un átomo se le proporciona suficiente energía, algunos de sus niveles pueden pasar a niveles de mayor energía. Como se trata de una situación inestable, los electrones excitados tienden a volver a su estado fundamental perdiendo el exceso de energía en forma de radiación.

La ecuación que nos regula esta situación sería:

$$M^* \text{ ————— } M_o + h\nu_1 + h\nu_2 + \dots$$

es decir, un átomo excitado se encuentra en equilibrio con el átomo en estado fundamental y con una serie de paquetes de energía proporcionados por las distintas longitudes de onda que emite dicho átomo.

Por otra parte, el número de fotones captados por el sistema detector, estará relacionado con la cantidad de átomos excitados de la muestra, que, a su vez, depende de la concentración del analito.

La intensidad de las líneas espectrales está relacionada según la ecuación:

$$I = K < .N. (E_1 - E_2)$$

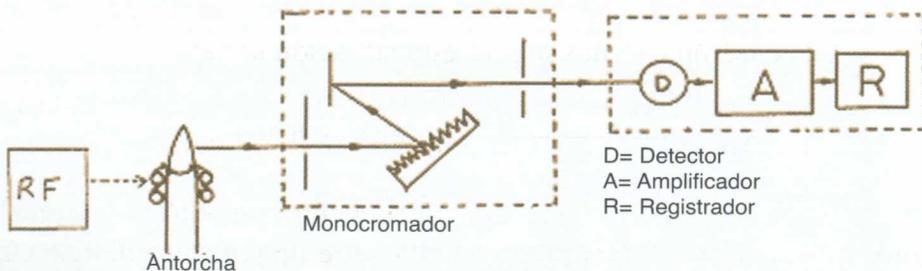
siendo:  $K <$ , el número de transiciones posibles y  $N$ , población del nivel de partida.

### Emisión por plasma

El concepto de plasma como fuente de emisión está definido como "gas ionizado, eléctricamente neutro, pero conductor de corriente confinado en unos tubos de descarga, formado por un conjunto de electrones, iones cargados y átomos o moléculas". Siendo el gas más utilizado para su generación el Argón.

→ Componentes básicos de un equipo de plasma:

- \* El Plasma
- \* Generador eléctrico
- \* Sistema de introducción de muestra
- \* Sistema de alimentación de gas
- \* Sistema óptico
- \* Sistema de tratamiento de señal.



Esquema de un equipo de emisión por plasma

→ Aplicaciones:

Citar la gran cantidad de aplicaciones en las que se pueden utilizar equipos de plasma sería muy laborioso. Si bien, se puede indicar que su aplicación fundamental es la determinación de elementos metálicos y semimetálicos en disolución. Por nombrar alguna, podría ser:

- \* Aguas de consumo público
- \* Aguas residuales
- \* Componentes metálicos en el suelo a disposición de las plantas
- \* Componentes metálicos absorbidos como nutrientes por las plantas

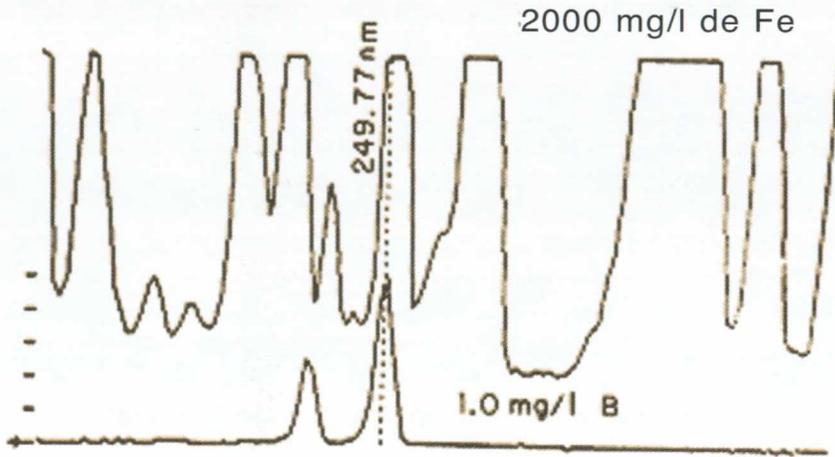
→ En cuanto a la forma de trabajar, podría ser como:

- \* Análisis cualitativo
- \* Análisis cuantitativo
- \* Medidas directas con una calibración previa
- \* Amplio intervalo de concentraciones
- \* Ausencia de interferencias químicas
- \* Acoplamiento con cromatografía de gases
- \* Acoplamiento a detectores de masas

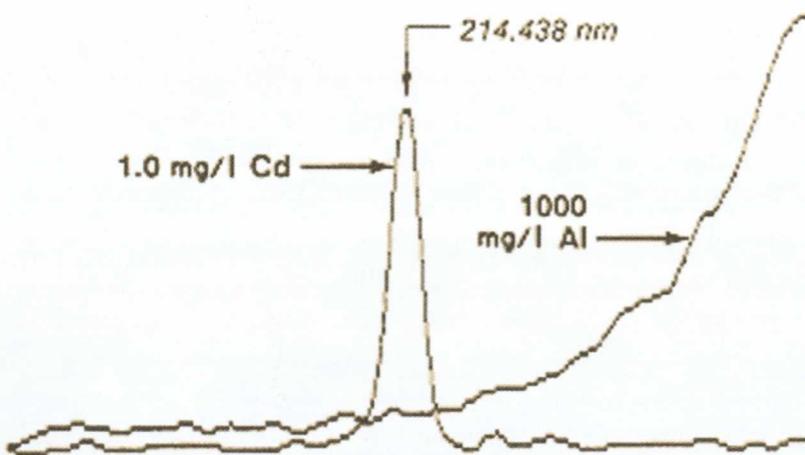
→ Interferencias:

- \* Físicas. Efectos causados por las propiedades físicas de la muestra
- \* Matriz. Influencia del entorno que rodea a los átomos
- \* Ionización. Causadas por la presencia de elementos que se ionizan con facilidad, potasio por ejemplo.
- \* Espectral. Originada por radiaciones que alcanzan al detector a longitudes de onda muy próximas a la longitud del elemento de interés. Éstas se pueden presentar de varias formas:

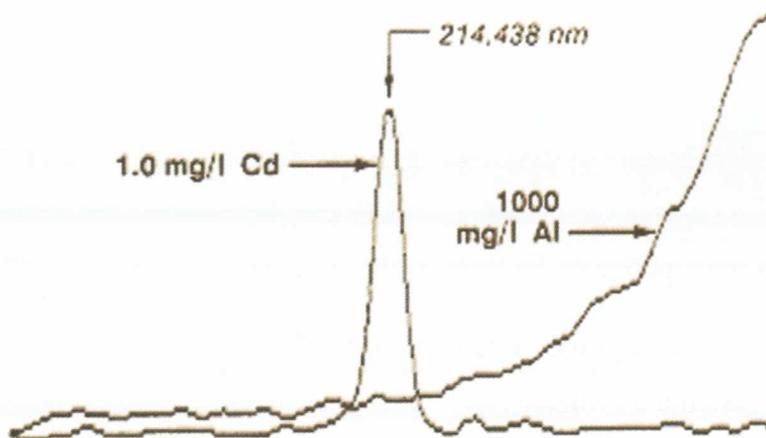
- Recubrimiento total
- Recubrimiento parcial
- Influencia del poder de resolución
- Variación del fondo continuo.



Recubrimiento *total* debido a la presencia de Fe, en la determinación de B.



Recubrimiento *parcial* debido a la presencia de Al, en la determinación de Cd.



Variación del fondo continuo debido a la presencia de Al en la determinación de B.

### b) Espectrometría de absorción atómica

Este método se basa en el estudio y medida de la radiación absorbida por los átomos libres cuando se encuentran en su estado fundamental o de menor energía. La cantidad de radiación absorbida, depende del número de átomos en estado fundamental capaces de absorber esta misma frecuencia procedente de otro foco emisor, tal y como refleja la siguiente ecuación:



En estas técnicas se mide la cantidad de radiación absorbida. Siendo ésta directamente proporcional al número de átomos presentes en condiciones de absorber, de acuerdo con la ecuación de Boltzman, mediante la cual, se refleja la proporción de átomos en condiciones de absorber en función de las temperaturas de trabajo. Asimismo, la absorbencia que tiene lugar por parte de los átomos, queda indicada por la ley de Beer:

$$A = a \cdot b \cdot c$$

siendo: a = Absortividad

b = Longitud del mechero

c = Concentración del analito.

### Absorción atómica: Llama

Es una de las variantes de la absorción atómica, en la que se utiliza un gas combustible como fuente de obtención de los átomos en estado fundamental.

→ Componentes básicos del equipo:

- \* Fuente de emisión de radiación
- \* Sistema atomizador
- \* Sistema óptico
- \* Sistema detector
- \* Sistema de gases

→ Aplicaciones:

- \* Determinación de metales en disolución
- \* Muy tolerante con las distintas soluciones en la que se encuentren los metales
- \* Medidas directas utilizando una curva de calibrado

→ Interferencias:

- \* Físicas
- \* Químicas. Debidas a la formación de compuestos moleculares que sean estables a la temperatura de combustión de la llama
- \* Ionización
- \* Adsorción inespecífica

### Absorción atómica: Horno de Grafito

En este caso, se ha sustituido el quemador del sistema anterior por un tubo de grafito, dentro del cual y mediante un sistema electro-térmico, se consigue el vapor atómico, dentro del tubo, capaz de absor-

ber la radiación procedente del foco emisor de radiación. Se trabaja con un programa de calentamiento en etapas, para alcanzar las temperaturas adecuadas a cada elemento a determinar.

→ Etapas:

- \* Secado
- \* Mineralización
- \* Atomización

→ Aplicaciones:

- \* Determinación de metales en disolución
- \* Los niveles de medida son del orden de los mg/l en disolución.
- \* Los volúmenes de muestra inyectada es del orden de los ml.

→ Interferencias:

- \* Químicas. Debidas a la formación de compuestos moleculares que sean estables a la temperatura de trabajo.
- \* Absorción inespecífica.

### Absorción atómica: Generador de Hidruros

Otro sistema de producir átomos en estado fundamental es el de la generación de hidruros con ciertos elementos semimetálicos. Consiste ésta en adicionar a la muestra un agente reductor con el fin de generar hidruros fácilmente volátiles y poder llevar dichos elementos a su estado fundamental.

El ejemplo más sencillo mediante esta técnica, es la determinación de Mercurio. Muy específica a la vez que sensible.

### *c) Espectrometría Plasma-masas*

Se trata de un acoplamiento entre un equipo de plasma y un detector de masas. En este sistema, se detectan los iones generados en

el plasma. También incluye los isótopos de cada uno de ellos, así como iones del tipo  $MO^+$ , donde M representa un metal. Esta técnica no está libre de interferencias, entre las que se pueden distinguir dos grandes grupos: espectroscópicas y no espectroscópicas.

*Interferencias espectroscópicas:* causadas por iones atómicos o moléculas que tienen la misma masa que el analito de interés. Esto origina una señal mayor que la esperada en la relación masa/carga ( $m/z$ ) de interés.

*Interferencias no espectroscópicas:* éstas pueden reducir o aumentar la señal del analito debido a influencias como la nebulización, el transporte de la muestra, las ionizaciones que tienen lugar en el plasma o la matriz y naturaleza de la muestra.

## 1.2. Espectrometrías moleculares

En estas técnicas, la absorción de energía radiante se lleva a efecto por las moléculas completas. Estos espectros se producen, al igual que los de absorción atómica, por cambios de niveles de energía electrónica, o bien otros estados energéticos, como sus niveles de rotación o vibración, lo que conduce a una interpretación mucho más compleja.

### a) Espectroscopia infrarroja

En esta técnica, se obtienen espectros de vibración-rotación de las moléculas, que pueden describirse como una variación oscilante de la distancia internuclear y de la fuerza de cada enlace interatómico.

Estos espectros de absorción en la región IR dependen del conjunto de enlaces que constituyen la estructura molecular y sea distinto y característico de cada molécula, lo que sirve como sistema de identificación de los grupos a determinar.

→ Aplicaciones:

El interés de esta técnica suele ser de tipo cualitativo. Algunos de los grupos funcionales orgánicos que se pueden determinar son:

alcoholes, aminas, alifáticos, aromáticos, nitrilos, ésteres, ácidos, aldehidos y cetonas.

### b) *Espectroscopia Ultravioleta-visible*

Según la teoría de los orbitales moleculares, puede considerarse a la molécula formada por núcleos aislados, situados a la distancia de equilibrio. Esto origina orbitales moleculares de distinto contenido energético y, como resultado del conjunto de todos ellos, se obtiene la energía total electrónica de cada molécula.

El estudio de los espectros electrónicos de moléculas, dada su complejidad, suele limitarse a la consideración de los tipos de transiciones que pueden tener lugar en la molécula.

Por otra parte, como la energía empleada para llevar a efecto estos fenómenos de transición de estados energéticos, es superior a la necesaria para la espectroscopia infrarroja, las frecuencias de trabajo están dentro de la zona visible o ultravioleta del espectro.

→ Aplicaciones:

- \* Asignación de estructuras de compuestos orgánicos
- \* Constantes de disociación de sustancias ionizables

### c) *Fluorescencia molecular*

Basada en el mismo fenómeno de absorción de la radiación y teniendo en cuenta que los estados excitados son inestables, existe en las moléculas la tendencia a retornar al estado electrónico fundamental.

La forma de perder este exceso de energía tiene varias posibilidades, entre las que se encuentra la Fluorescencia, proceso en el cual se emite un fotón y cuya emisión resulta ser el proceso opuesto al de absorción.

→ Aplicaciones:

Compuestos orgánicos que emiten en el intervalo de 300 a 650 nm. Si bien, el mayor interés se centra en las moléculas aromáticas.

#### d) *Dispersión de radiación electromagnéticas*

Este fenómeno utiliza la dispersión de la luz por partículas relativamente grandes. Cuando un haz de luz atraviesa un medio transparente, se observa una disminución de la energía transmitida, a la vez que parte de la luz es dispersada en todas las direcciones. Esta dispersión es debida a las vibraciones de los electrones de los átomos inducidos por la onda incidente. La intensidad depende del volumen, geometría y del peso molecular. Una de estas dispersiones es la "Dispersión Tyndall".

Se emplea a semejanza de la ley de Beer, cumpliendo una proporcionalidad lineal, siempre que la forma y tamaño de las partículas dispersoras lo permitan.

→ Aplicaciones:

- \* Peso molécula del soluto cuando la solución sólo contiene un soluto
- \* Peso molecular medio cuando hay varias especies
- \* Forma y dimensión de la molécula

#### e) *Espectroscopia Raman*

Está técnica aprovecha una situación intermedia entre la absorción y la dispersión. En determinadas condiciones, la radiación dispersada puede cambiar su frecuencia debido a que ha tenido lugar una transferencia parcial de energía entre la molécula y la radiación incidente.

→ Aplicaciones:

- \* Compuestos orgánicos en los que existe un doble o triple enlace
- \* Compuestos aromáticos
- \* Análisis cuantitativo
- \* Contaminantes en aguas naturales y en atmósfera

f) *Espectroscopia de resonancia magnética nuclear*

Fundamentada en el momento magnético asociado a un momento angular de Spin, por parte de los núcleos atómicos en su rotación alrededor de su eje. Cada orientación que puede adquirir el núcleo de un átomo en su movimiento, en presencia de un campo magnético, pertenece a un nivel de energía. Este fenómeno es el que permite tránsitos entre niveles de Spin permitidos, siempre que una REM incida sobre el núcleo, observándose un espectro de absorción.

→ Aplicación:

Identificación cualitativa de compuestos orgánicos

## 2. Métodos de separación

### 2.1. *Electroforesis*

Puede definirse como la migración de partículas coloidales cargadas en un campo eléctrico continuo. Las especies iónicas con diferentes movilidades efectivas tienen diferentes velocidades de migración.

→ Aplicación:

\* La separación de grupos iónicos, bien orgánicos o inorgánicos.

\* Separación de sustancias bioquímicas.

### 2.2. *Cromatografía*

Es un conjunto de técnicas de separación basadas en la competencia entre dos fases, una fija y otra móvil. Los componentes de una solución son separados debido a la distinta afinidad por alguna de las dos fases.

→ Clasificación:

a) Gaseosa. Cromatografía de gas-sólido ( GSC)

Cromatografía de gas-líquido ( GLC)

b) Líquida. Columna: líquido-sólido ( LSC)

líquido-líquido ( LLC)

intercambio iónico ( IEC)

par iónico ( IPC)

exclusión ( EC)

Plana: Papel ( PC)

Capa fina ( TLC)

→ Aplicaciones:

Compuestos iónicos con grupos ionizables. Estos se agrupan según el tipo de columna y se obtienen todos ellos en forma secuencial.

### 2.3. Masas

Se fundamenta en la separación de partículas moleculares o atómicas por su diferente masa.

→ Etapas:

a. ionización de la muestra: Molécula + e<sup>-</sup> ——— M<sup>+</sup> + 2 e<sup>-</sup>

b. aceleración de los iones por un campo eléctrico

c. dispersión de los iones según su relación masa-carga

d. detección de los iones y producción de la correspondiente señal eléctrica.

→ Aplicaciones:

1. Determinación del peso molecular de una sustancia

2. Determinación de la fórmula molecular

3. Identificación de compuestos por su fragmentación comparados con una sustancia patrón

4. Caracterización y análisis de polímeros de alto peso molecular
5. Estudio de abundancia de isótopos

## IMPORTANCIA DE LOS RESULTADOS ANALÍTICOS

El precio debido a la equivocación de un análisis químico puede ser enorme, desde un punto de vista: económico, humano o de recursos, pues todo esto puede suponer una pérdida de confianza en la validez de futuros resultados analíticos. La confianza en un laboratorio analítico es un parámetro importantísimo y cuya pérdida tiene graves consecuencias para el mismo. Por tanto, la medida analítica de cualquier parámetro puede tener una gran repercusión y puede constituir la base para la toma de futuras decisiones.

La *calidad* en un laboratorio puede entenderse, de forma genérica, como todas las prácticas relacionadas con el objetivo de proporcionar los mejores resultados posibles. Por otra parte, es necesario disponer, cada vez más, de técnicas instrumentales que mejoren la sensibilidad analítica cada una en su aplicación.

### Validación del método elegido

Esta etapa podría consistir en una serie de puntos que conviene realizar de forma sistemática, entre los que se pueden citar:

- Contrastar el método con la bibliografía, o bien con otros laboratorios
- Realizar réplicas
- Utilizar materiales de referencia
- Calibración del equipo. Utilizando alguna referencia que nos indique si esta bien o no
- Ensayos en blanco

## Ejercicios de intercomparación

Estos consisten en la realización de evaluaciones, bien externas o internas, con muestras desconocidas, al objeto de que el laboratorio compruebe la bondad de sus métodos y diseños analíticos. En definitiva, evaluar el trabajo realizado.

\* Evaluaciones internas. Éstas se llevarían a efecto dentro del mismo laboratorio realizando procedimientos como:

- a) Auditorías internas
- b) Calculando la incertidumbre de una serie de repeticiones
- c) Intercambio de operadores
- d) Contrastar con otros equipos
- e) Utilizar muestras patrón internas

\* Evaluaciones externas. Éstas se llevarían a efecto fuera del laboratorio realizando actividades como:

- a) Ejercicios de intercalibración
- b) Utilizar materiales de referencia certificados
- c) Auditorías externas
- d) Intercambio de muestras entre distintos laboratorios

En este proceso hay que seguir las normas y condiciones que se establezcan por la organización. En concreto, en los Ejercicios de intercalibración, el responsable del laboratorio debe comprometerse a seguir los protocolos que se indiquen:

- \* Cumplir los plazos de entrega de resultados
- \* Realizar las réplicas que se le indiquen
- \* Suministrar toda la información que se le solicite
- \* Si observa errores en los datos obtenidos, comunicarlo a la vez que intenta conocer los fallos.

Estos ejercicios pretenden, entre otros fines: obtener una visión general de los errores analíticos, que estos errores estén bajo un control estadístico o que los laboratorios participantes tengan interés en la obtención de resultados.

Una vez realizado el ejercicio, se procede a un análisis estadístico que conduce a la eliminación de los resultados anómalos, si los hubiera, así como a una comunicación al laboratorio participante.

## BIBLIOGRAFÍA

EWING, G.W. *Métodos Instrumentales de Análisis Químico*. Mc Graw Hill. México, 1988.

MERMET, J.M. *Applications analytiques des Plasmes HF*. CNP.S. Francia, 1985.

MIÑOES, J. *Manual de Técnicas Instrumentales*. Círculo De. Universo. Barcelona, 1978.

SKOOG, D.A. y WEST, D.M. *Análisis Instrumental*. Interamericana. México, 1994.

XIMENEZ HERRAIZ, L. *Espectroscopia de Absorción Atómica*. Vol. II. Alhambra. Madrid, 1984.



# MATERIALES BÁSICOS EN LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

José Ramón Tapia Merino.  
Profesor Titular de Ingeniería Química  
Universidad Politécnica de Madrid

## INTRODUCCIÓN

El extraordinario desarrollo alcanzado por los sistemas de información y comunicaciones en el pasado reciente, se halla en relación directa con la disponibilidad de nuevos materiales que permitan aplicaciones tecnológicas superiores o más completas. Los materiales constituyen el soporte físico indispensable sobre el que se asientan las nuevas tecnologías de la información y la comunicación.

La necesidad de organizar y sistematizar el vasto conocimiento disponible acerca de los materiales, ha desembocado en la génesis de una nueva disciplina, la *Ciencia de Materiales*, incorporada en los últimos años a los planes de estudio universitarios, tanto en facultades como en escuelas de ingeniería. Su objeto es, precisamente, el estudio de la estructura, las propiedades y las aplicaciones de los materiales, así como las relaciones mutuas que pueden darse entre dichos aspectos. La nueva disciplina pertenece al ámbito de las ciencias tecnológicas y es, en gran parte, deudora de la Química.

Los sistemas de comunicación de finales del siglo XIX se basaban en la generación y transmisión de señales eléctricas. Los materiales empleados a tal fin eran asequibles y de fácil preparación y manipulación: acero, (para construir el núcleo de los generadores), hilo de cobre, (en el bobinado de los núcleos y en el tendido de las líneas de transmisión), vidrio, (como aislante eléctrico), etc. La conmutación de las señales era manual, pero la invención del diodo

(Fleming, 1904) y del triodo (Lee de Forest, 1906) hizo posible su control electrónico.

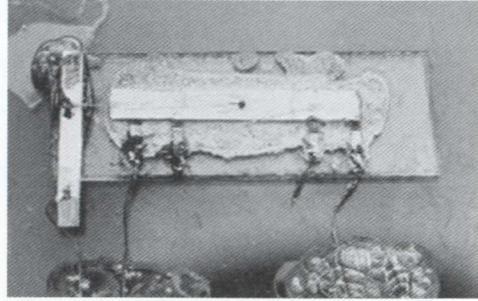
Los triodos o válvulas de vacío incorporaban nuevos materiales, como el wolframio o el torio, metales que constituían su cátodo o electrodo emisor de electrones. Las válvulas conmutaban las señales con rapidez y, además, podían servir como amplificadores de la señal: una corriente de pequeña intensidad aplicada en su electrodo de control, (la rejilla), permitía regular el flujo de electrones entre cátodo y ánodo. La función amplificadora de las válvulas sentó las bases de la radiodifusión y la telefonía modernas, y estos dispositivos formaron parte de todo tipo de aparatos y sistemas electrónicos hasta finales de la década de los sesenta. Así, por ejemplo, formaron parte de la primera computadora electrónica (ENIAC) construida en los EEUU en 1945.

Como los electrones tenían que ser extraídos del cátodo, las válvulas consumían una potencia excesiva que era disipada en forma de calor. La construcción de sistemas de mayor fiabilidad exigía un nuevo dispositivo, más eficaz y más rápido. En 1947 Bardeen, Brattain y Shockley inventaron el transistor.

Un transistor es una asociación de materiales semiconductores que funciona como un interruptor de corriente. Los transistores pueden “encenderse” o “apagarse” según se les aplique o no carga eléctrica. Cuando están encendidos la corriente fluye a su través; si se apagan, el flujo de corriente cesa. Los transistores no necesitan precalentarse o calentarse, consumen una potencia un millón de veces inferior a la de las válvulas y conmutan la corriente con gran rapidez. Este conjunto de propiedades hizo de los transistores el dispositivo básico en la fabricación de todo tipo de aparatos y equipos electrónicos de tamaño reducido, como las primeras calculadoras de bolsillo.

Cuanto más pequeño era un transistor más rápido conmutaba las señales, lo que planteó la necesidad de disminuir su tamaño. En 1958, Jack S. Kilby interconectó varios transistores en la superficie de un monocristal de germanio, construyendo así el primer circuito integrado (Figura 1). Posteriormente, pudo lograrse la interconexión

de transistores sobre monocristales de silicio. El desarrollo de la tecnología electrónica basada en este material semiconductor ha permitido construir circuitos integrados cada vez más complejos y, a la vez, de menor tamaño.



El primer circuito integrado, construido por J. S. Kilby.

Fig. 1

El número de transistores por unidad de superficie, (grado de integración del circuito), se ha venido incrementado en progresión geométrica desde la década de los sesenta hasta la actualidad (Tabla I). El último circuito reflejado en la tabla corresponde a un microprocesador construido en 2000, que contiene más de treinta millones de transistores en una superficie de menos de un centímetro cuadrado. Si se hubiera construido en 1960, debería haber ocupado una extensión de cerca de treinta hectáreas.

**Tabla I.** Evolución experimentada por el grado de integración de los circuitos

<i>Año</i>	<i>Tipo de integración</i>	<i>Número de transistores</i>
1958	Primer CI	Inferior a 10
1965	SSI	10 a 100
1967	MSI	100 a 1.000
1970	LSI	1.000 a 10.000
1975	VLSI	10.000 a 100.000
1995	HSI	De 5 a 9.000.000
2000	UHSI	Superior a 30.000.000

La miniaturización de los circuitos integrados ha generalizado su aplicación en multitud de diseños, no ya por motivos puramente tecnológicos, (los circuitos integrados son muy rápidos), sino, sobre todo, por las ventajas económicas derivadas de su fabricación automática a gran escala.

## MATERIALES SEMICONDUCTORES

El silicio o el germanio son *semiconductores*, es decir, materiales cuya conductividad eléctrica es intermedia entre la de conductores, (metales), y aisladores, (materiales cerámicos, polímeros). Estos elementos poseen una estructura cristalina similar a la del diamante: cada átomo forma cuatro enlaces tetraédricos por solapamiento de orbitales híbridos  $sp^3$  y su celdilla unitaria es cúbica.

Los electrones de valencia están fijos en sus posiciones de equilibrio. No pueden moverse a través de la red, a menos que dispongan de la energía necesaria para romper los enlaces. Si absorbiesen energía térmica, eléctrica o lumínica, los electrones quedarían desligados de sus enlaces y se podrían mover libremente, dejando en la red sitios vacíos o huecos con carga positiva. Bajo una diferencia de potencial, el polo positivo del campo atraería a los electrones, pero los huecos serían atraídos por el polo negativo. Los semiconductores son conductores bipolares: la conducción de la corriente se debe no sólo al movimiento de los electrones (en la dirección del campo, pero en sentido opuesto), sino también al desplazamiento de los huecos (en la misma dirección y sentido que el campo aplicado).

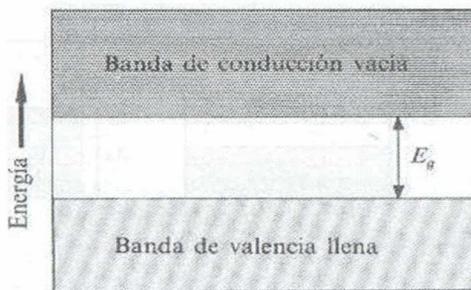


Diagrama esquemático de bandas de energía para un semiconductor.

Fig. 2

En la Figura 2 se representa el diagrama de bandas de un material semiconductor. Los electrones de enlace ocupan los niveles de energía de la banda inferior o banda de valencia. Sobre ella se encuentra otra banda, la de conducción, que, a pesar de encontrarse vacía, es fundamental para explicar el fenómeno de la semiconductividad.

El intervalo energético que separa las bandas corresponde a estados electrónicos no permitidos, por lo que se conoce como zona o banda prohibida. Su anchura es una característica específica del semiconductor: para el silicio es de 1,1 eV, mientras que para el germanio es de sólo 0,7 eV (Tabla II).

**Tabla II.** Propiedades de los semiconductores elementales a 25°C

<i>Propiedad</i>	<i>Silicio</i>	<i>Germanio</i>
$E_g$ , eV	1,1	0,67
$\mu_n$ , m <sup>2</sup> /(V.s)	0,135	0,39
$\mu_p$ , m <sup>2</sup> /(V.s)	0,048	0,19
$n_i$ , portadores/m <sup>3</sup>	$1,5 \cdot 10^{16}$	$2,4 \cdot 10^{19}$
$\rho_i$ , $\Omega \cdot m$	2300	0,46
$d$ , g/cm <sup>3</sup>	2,33	5,32

A temperatura ambiente, la banda de valencia está casi llena. Pocos electrones disponen de la energía necesaria para saltar a la de conducción, lo que deja algunos huecos en la de valencia. Electrones y huecos tienen cargas de signo contrario, pero la contribución de unos y otros a la conductividad eléctrica se suma pues, como se ha expuesto; también se mueven bajo la acción del campo en sentidos opuestos.

En los metales, la banda de valencia y la de conducción están superpuestas. Los electrones pueden pasar de una a otra sin ningún condicionante, razón por la cual estos materiales poseen alta conductividad eléctrica. En los aisladores, la anchura de la banda prohibida es considerable, por lo que sólo algunos electrones pueden promocionarse hasta la banda de conducción y su conductividad eléctrica resulta ser muy baja.

La densidad de corriente,  $J$ , de un semiconductor es la suma de las contribuciones de electrones y huecos:

$$J = nqv_n + pqv_p \quad (1)$$

En esta expresión  $n$  es la concentración de electrones en la banda de conducción,  $p$  la de huecos en la de valencia,  $q$  el módulo de la carga del electrón ( $1,6 \times 10^{-19}$  C) y  $v$  la velocidad de desplaza-

miento de electrones y huecos, respectivamente. Si se dividen ambos miembros de (1) por la intensidad del campo aplicado,  $E$ , y se tiene en cuenta la ley de Ohm, resulta que:

$$\sigma = \frac{J}{E} = \frac{nqv_n}{E} + \frac{pqv_p}{E} \quad (2)$$

El cociente  $v_n / E$  se define como  $\mu_n$  o movilidad de los electrones;  $v_p / E$  es la movilidad de los huecos ( $\mu_p$ ). Una u otra representan la velocidad adquirida por cada tipo de portadores en un campo de intensidad unitaria. Por tanto:

$$\sigma = nq\mu_n + pq\mu_p \quad (3)$$

Al generarse por parejas, el número de electrones de la banda de conducción debe coincidir necesariamente con el de huecos en la de valencia:

$$n = p = n_i \quad (4)$$

Finalmente, la conductividad puede expresarse en función de la concentración de los portadores,  $n_i$ , y de sus movilidades:

$$\sigma = n_i q (\mu_n + \mu_p) \quad (5)$$

La movilidad de los electrones no tiene por qué ser coincidente con la de los huecos. Por lo general, suele ser mayor la de los primeros. Así, en el germanio, la movilidad de los electrones es, aproximadamente, el doble y en el silicio, casi el triple que la de los huecos (Tabla II).

A 0 K la banda de valencia de un semiconductor está llena, mientras que la banda de conducción se encuentra vacía. A temperatura ambiente, algunos electrones salvan la banda prohibida por absorción de calor y pasan a la de conducción. La concentración de electrones en la banda de conducción (o la de huecos en la de valencia),  $n_i$ , depende de la temperatura, según:

$$n_i = n_0 e^{E_g/2kT} \quad (6)$$

La expresión (6) es análoga a otras que suelen aparecer en procesos de activación térmica suficientemente conocidos. En ella,  $E_g$  representa la anchura de la banda prohibida;  $k$ , la constante de Boltzmann;  $T$ , la temperatura absoluta y  $n_0$ , una constante que depende únicamente de la naturaleza del semiconductor. Si se relacionan (5) y (6) se obtiene:

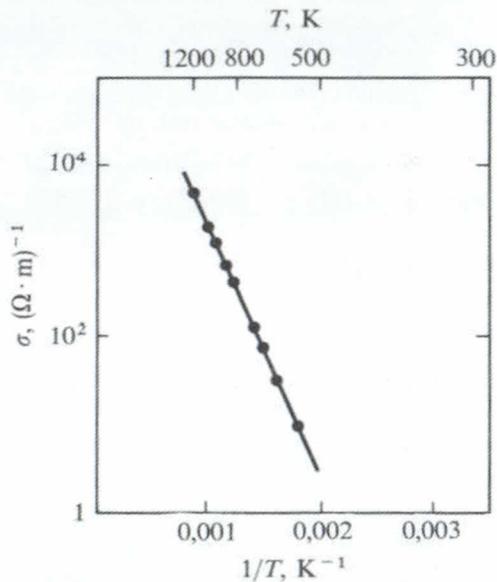
$$\sigma = \sigma_0 e^{-E_g/2kT} \quad (7)$$

o en forma logarítmica:

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{E_g}{2kT} \quad (8)$$

Aunque  $\sigma_0$  depende ligeramente de la temperatura, su valor puede considerarse constante para cada semiconductor sin cometer un error excesivo. La representación gráfica del logaritmo de la conductividad eléctrica frente a la temperatura es una línea recta de pendiente  $-E_g/2k$  (Figura 3). A diferencia de lo que sucede con los metales, la conductividad eléctrica de los semiconductores aumenta con la temperatura.

Si se desea estabilizar la conductividad del material, se puede recurrir a la adición de impurezas en una cantidad controlada, que suele oscilar entre 100 y 1000 ppm. Si un átomo de la red del silicio se sustituye por otro de fósforo, arsénico o antimonio, (elementos del grupo VA), la formación de enlaces con los cuatro átomos de silicio vecinos más próximos precisa sólo cuatro electrones, por lo que al átomo de impureza le queda todavía un electrón no enlazante que está débilmente ligado. En el caso del fósforo, la energía necesaria para promocionar ese electrón a la banda de conducción es 0,044 eV. Esta cantidad representa, aproximadamente, el 5 por 100 de la necesaria para salvar la banda prohibida.



La conductividad eléctrica del silicio en función de la temperatura.

Fig. 3

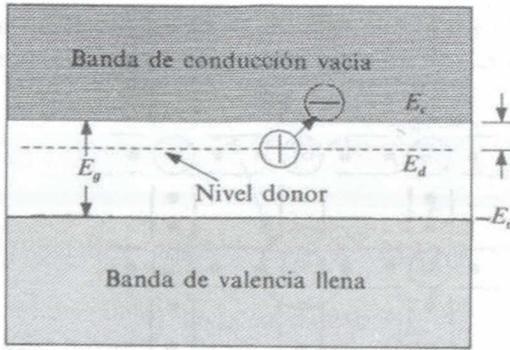


Diagrama de bandas de energía para un semiconductor de tipo n.

Fig. 4

de energía de las impurezas se sitúa en la zona prohibida, justamente debajo de la banda de conducción (Figura 4).

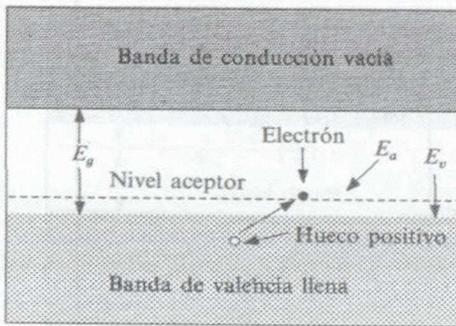


Diagrama de bandas de energía para un semiconductor de tipo p.

Fig. 5

por lo que se generan huecos en la banda de valencia. Como los portadores mayoritarios son positivos, el semiconductor es, ahora, de *tipo p*. El nivel de energía de las impurezasceptoras está situado ligeramente por encima de la banda de valencia (Figura 5).

Los elementos del grupo VA actúan como *impurezas donadoras*, pues incrementan el número de electrones presentes en la banda de conducción. Un semiconductor con impurezas donadoras es un semiconductor de *tipo n* o negativo, ya que, en este caso, los portadores mayoritarios son los electrones. En el diagrama de bandas, el nivel

De forma análoga, los elementos del grupo IIIA (el boro, el aluminio o el galio) actúan en la red del silicio como *impurezasceptoras*. En este caso, los electrones de valencia saltan fácilmente a los orbitales vacíos de las impurezas (para el boro, la energía necesaria sería solamente de 0,045 eV),

En un semiconductor puro, los portadores se generan por pares al romperse algunos enlaces por activación térmica. Si un hueco de la red atrapa un electrón que pase por sus inmediaciones, se regenera un enlace, proceso que va acompañado de la liberación de energía correspondiente. Al cabo de poco tiempo, el número de pares generados se igualará al de pares recombinados, produciéndose así un equilibrio dinámico entre la ruptura y la regeneración de enlaces. El equilibrio

obedece la *Ley de Acción de Masas* de los semiconductores: “a temperatura fija, el producto de las concentraciones de los portadores presentes en un semiconductor es constante”.

En la expresión matemática de la ley interviene la constante  $n_i$ , que es la concentración de portadores intrínsecos:

$$np = n_i^2 \quad (9)$$

La Ley de Acción de Masas es válida para cualquier semiconductor, sea puro o impuro. En este último caso, la ionización de las impurezas aumenta la concentración de un tipo de portadores, por lo cual, la del otro se debe reducir mediante recombinación de pares electrón-hueco hasta que se cumpla lo exigido por la ley.

En los semiconductores impurificados hay dos clases de partículas cargadas: los portadores, que son móviles, y los átomos de impureza que, a pesar de encontrarse ionizados, son cargas fijas y no pueden contribuir al transporte de corriente, pero sí a la neutralidad eléctrica del material. Aunque en estos semiconductores se generan algunos pares electrón-hueco por activación térmica, los portadores de carga proceden mayoritariamente de la ionización de las impurezas.

En un semiconductor de tipo  $n$ , los átomos de impureza presentan carga positiva. Si su concentración es  $N_d$ , como el material debe ser neutro, el balance de carga será:

$$n = N_d + p \quad (10)$$

Al ser los electrones los portadores mayoritarios, la concentración de los huecos debe ser muy pequeña, según lo requerido por la Ley de Acción de Masas, por lo que la ecuación (10) queda reducida a

$$n = N_d \quad (11)$$

y la concentración de portadores minoritarios es:

$$p = \frac{n_i^2}{n} = \frac{n_i^2}{N_d} \quad (12)$$

Análogamente, en un semiconductor de tipo  $p$ , se puede establecer que:

$$p = N_a + n \quad (13)$$

luego

$$p = N_a \quad (14)$$

y

$$n = \frac{n_i^2}{p} = \frac{n_i^2}{N_a} \quad (15)$$

Aún cuando sus elementos constituyentes no presenten este carácter por separado, se conocen muchos compuestos químicos que son semiconductores. Los compuestos III-V son combinaciones de los elementos de los grupos adyacentes a la familia IVA de la Tabla Periódica, es decir, del grupo IIIA (Al, Ga o In) y del VA (P, As o Sb), tales como el arseniuro de galio, el antimoniuro o el fosfuro de indio. Los semiconductores II-VI son compuestos formados por elementos del grupo IIB, (Zn, Cd o Hg) junto con otros del grupo VIA (S, Se y Te), como el seleniuro de cinc o el telururo de cadmio.

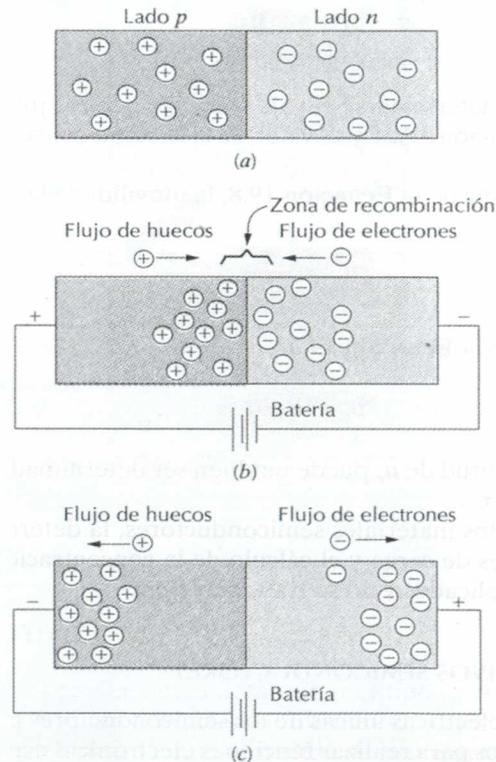
En la Tabla III se relacionan las propiedades eléctricas de algunos semiconductores compuestos. Con excepción del GaAs, la anchura de la banda prohibida de cada grupo disminuye a la vez que la movilidad de los electrones aumenta, con la distancia interatómica. Si se comparan las propiedades del silicio con las de los semiconductores III-V y II-VI, se aprecia que, al aumentar el porcentaje de carácter iónico del enlace, la movilidad de los electrones disminuye y la banda prohibida se hace más ancha. Un mayor carácter iónico supone un menor grado de deslocalización de los electrones, por lo que éstos se moverán con más dificultad. Por último, es destacable que, a distancias interatómicas comparables, la anchura de la banda prohibida de los semiconductores II-VI es siempre mayor que la de los III-V.

**Tabla III.** Propiedades eléctricas de los semiconductores compuestos.

Tipo	Material	$E_g, eV$	$\mu_n, m^2/(V.s)$	$\mu_p, m^2/(V.s)$	$n_i, port/m^3$
III-V	GaP	2,25	0,030	0,015	
	GaAs	1,47	0,720	0,020	$1,4 \cdot 10^{12}$
	GaSb	0,68	0,500	0,100	
III-V	InP 1,27	0,460	0,010		
	InAs	0,36	3,300	0,045	
	InSb	0,17	8,000	0,045	$1,35 \cdot 10^{12}$
II-VI	ZnSe	2,67	0,053	0,002	
	ZnTe	2,26	0,053	0,090	
II-VI	CdSe	2,59	0,034	0,002	
	CdTe	1,50	0,070	0,007	

El dispositivo semiconductor más común es la *unión p-n* o diodo de unión, formado por la asociación de dos materiales de igual naturaleza (por ejemplo, de silicio) pero diferentemente impurificados (uno *n*, el otro *p*). Dentro de las aplicaciones más interesantes de la unión *p-n* está la conversión de la corriente alterna en continua, proceso conocido como rectificación. A los diodos utilizados a tal fin se les denomina diodos rectificadores (Figura 6).

Al poner en contacto las regiones *n* y *p* de la unión en circuito abierto (Figura 6a), los portadores mayoritarios de cada zona se difunden a través de la

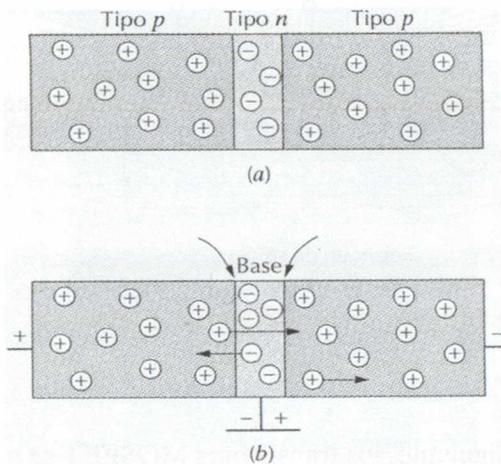


La unión p-n como rectificador de corriente.

Fig. 6

unión, produciéndose algunas recombinaciones en ella. Al cabo de cierto tiempo, el proceso queda interrumpido: los electrones que cruzan la unión desde la zona  $n$  hacia la  $p$  se ven repelidos por las cargas negativas fijas de las impurezas presentes en esta última. En la región  $n$  sucede algo análogo con los huecos, que son repelidos por las impurezas positivas. En estas condiciones existe una barrera de potencial en la unión que impide el flujo de los portadores mayoritarios a su través: la unión se comporta como aislante.

Si se conecta la región  $n$  al polo positivo y la  $p$  al negativo (polarización inversa), los electrones se moverán hacia el polo positivo y los huecos, hacia el negativo (Figura 6c). De esta manera, los portadores se alejan de la unión y no sólo no pasará corriente a través de ella, sino que la barrera de potencial será aún mayor que en circuito abierto. Ahora bien, si la región  $n$  se conecta al polo negativo y la  $p$  al positivo (polarización directa), los portadores atravesarán la unión, que se comporta como conductora (Figura 6b).



Esquema de un transistor de unión pnp.

Fig. 7

Los transistores son dispositivos semiconductores que sirven para conmutar y también para amplificar la corriente eléctrica. Están formados por la asociación de tres semiconductores, diferentemente impurificados, de manera que constan de dos uniones p-n encadenadas. Existen, por tanto, transistores  $nnp$  y también  $pnp$ . El emisor de un transistor  $pnp$  (Figura 7) emite huecos. Está

unido a la *base*, región de tipo  $n$ , muy delgada, cuya función consiste en controlar el flujo de portadores del emisor, lo que se consigue mediante un cuidadoso dopado. Por su otro lado, la base se une al *colector*, semiconductor de tipo  $p$  que capta los huecos provenientes del emisor. La polarización de la unión emisor-base es directa y la de la unión base-colector, inversa. Los huecos pasan a través de la base,

atraídos por su carga negativa, y llegan al colector. El transistor de unión también se conoce como transistor bipolar, porque en su funcionamiento intervienen los dos tipos portadores de carga.

Aunque en la actualidad se dispone de numerosos materiales semiconductores, el más empleado para la fabricar circuitos integrados continúa siendo el silicio. Este material debe cumplir ciertos requisitos para ser considerado aceptable con destino a aplicaciones microelectrónicas, pues ha de ser ultrapuro (nivel de impurezas inferior a 1 ppb), monocristalino y carente de defectos superficiales.

Las materias primas para la preparación del silicio son el cuarzo o los silicatos, minerales muy asequibles cuya disponibilidad no está sometida a ningún control de tipo político o económico. Ahora bien, los métodos para su purificación y cristalización son extremadamente laboriosos y tienen un alto coste. El primer paso es la reducción con coque a silicio elemental, proceso se puede representar simplificada-mente como:



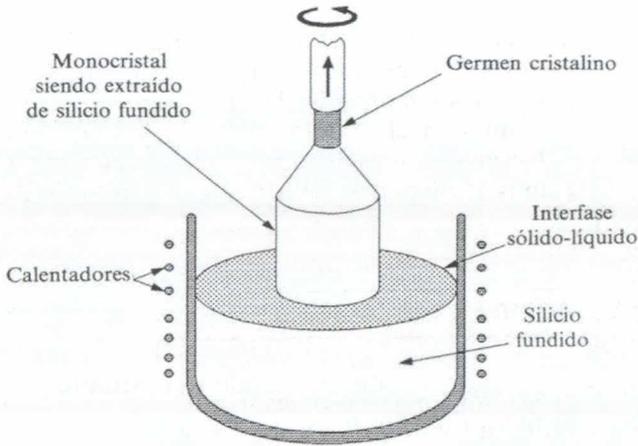
El silicio obtenido se trata con ácido clorhídrico. Se forma así el producto volátil triclorosilano, separable de los cloruros metálicos de las impurezas por destilación fraccionada:



El triclorosilano se reduce de nuevo a silicio, ahora con hidrógeno elemental:



Aunque este silicio contiene ya menos de 1 ppm de impurezas, este nivel es todavía insuficiente para aplicaciones electrónicas. La fusión por zonas, técnica costosa pero muy eficaz, permite disminuir el contenido de impurezas por debajo de 1 ppb.



Formación de monocristales de silicio por el método de Czochralski.

Fig. 8

Después, el silicio se prepara en forma monocristalina por el método de Czochralski, en el que se emplea como germen un pequeño monocristal de silicio. El pequeño cristal se fija en el extremo de un soporte giratorio y se pone en contacto en atmósfera inerte con silicio

ultrapuro fundido en un crisol a 1500 °C (Figura 8).

Al contacto con el fluido parte del germen se funde, pero el sólido restante constituye el punto de arranque para el crecimiento de un monocristal de silicio de grandes dimensiones. El soporte se hace girar muy despacio, a la vez que va siendo extraído lentamente del crisol, en una operación que puede durar varias horas. Comienza así a crecer una barra de silicio, ligeramente obloide, que, según el procedimiento operativo seguido, puede llegar a alcanzar hasta dieciocho centímetros de grosor. La clave para la obtención de monocristales de gran tamaño está en la forma en que se elimine del medio el calor latente de solidificación. En el método descrito, se disipa a través de la varilla que soporta al monocristal.

Una vez concluido todo el proceso, la barra de silicio se corta en láminas muy finas, (200  $\mu\text{m}$  ó 0,2 mm), que, a continuación, se tratan con ácidos y se pulen, adquiriendo así un acabado superficial de espejo, con cierto brillo grisáceo. Las láminas u obleas de silicio (se denominan así por su forma) son tan lisas que la altura de unos puntos a otros de su superficie varía en menos de diez unidades Angstrom ( $10^{-10}$  m). Finalmente, las obleas se examinan al microscopio para comprobar que carecen de defectos superficiales. Todas estas operaciones se hacen en las denominadas salas blancas, que son laboratorios especiales de atmós-

fera controlada, en los que el personal debe vestir adecuadamente para evitar que el polvo u otros contaminantes se incorporen al silicio ultrapuro.

Las obleas se colocan después, durante varias horas, en un horno con atmósfera oxidante, a fin de que crezca en su superficie una capa de  $\text{SiO}_2$  de espesor controlado. Por último, se cortan en pastillas o dados y, a partir de este momento, ya están listas para la construcción de circuitos integrados en su superficie. Cada oblea permite fabricar entre 100 y 1000 microprocesadores, dependiendo del tamaño y de las características de los circuitos a preparar.

Como en una pastilla de silicio no pueden colocarse físicamente más que un determinado número de componentes, mantener el ritmo de progreso actual, en cuanto al grado de integración de los circuitos, hace indispensable mejorar las técnicas fotolitográficas al uso, de manera que sea posible imprimir rasgos más finos en la superficie de las pastillas. En este sentido, la luz UV se ha sustituido por haces de electrones de alta energía, lo que permite grabar circuitos con un ancho de línea de fracciones de micrómetro. También se está intentando utilizar a tal fin rayos X de los denominados duros, producidos en un sincrotrón, tecnología que actualmente está en fase de desarrollo.

La tecnología del silicio está aproximándose, cada vez más acusadamente, a dimensiones de escala atómica (nanotecnología), con las previsibles alteraciones de comportamiento que podrían producirse cuando los dispositivos o los circuitos consten de sólo unos pocos átomos. Se estima que el límite físico de la tecnología basada en este semiconductor se alcanzará dentro de una década, aunque hay otras técnicas en evolución con las que se espera conseguir un grado de miniaturización importante, como el grabado por plasma.

Si se alcanzara el citado límite, el paso inmediato sería la búsqueda de nuevos materiales semiconductores sobre los que construir circuitos de mejores prestaciones. Hoy por hoy, el principal candidato a la sustitución es el arseniuro de galio. Los circuitos basados en este material son muy rápidos, pues la movilidad de los electrones en este

material es cinco veces superior a la que presenta el silicio. No obstante, existen inconvenientes que desaconsejan la sustitución por el momento: las técnicas de crecimiento de monocristales de arseniuro de galio están poco desarrolladas y las pastillas obtenidas presentan más defectos, lo que se traduce en circuitos pequeños con menor número de componentes. Además, las materias primas para la preparación del arseniuro de galio son más costosas y la tecnología de fabricación de circuitos basados en este material tiene otra serie de desventajas, pero dondequiera que se necesiten circuitos muy rápidos, el arseniuro de galio resulta ser, a pesar de todo, el material más indicado.

### **Materiales fotónicos**

La miniaturización de los circuitos integrados ha producido una expansión formidable de las comunicaciones. A finales de la década de los setenta los ordenadores personales se podían conectar a redes de comunicación locales. En la actualidad, los ordenadores tienen acceso, a través de la línea telefónica, a redes extendidas a escala mundial. La necesidad de transmitir grandes cantidades de información ha estimulado el desarrollo de la tecnología fotónica.

En un sistema fotónico de comunicaciones, la información no se envía en forma de señales eléctricas, sino de ondas luminosas, por lo que su velocidad de transmisión es muy elevada. Las fuentes de luz tradicionales no son útiles para transmitir grandes cantidades de información, ya que no se pueden modular con la velocidad necesaria. El nacimiento de la Fotónica se asocia a la invención del láser, (Mailman, 1960). Esta palabra es un acrónimo de las iniciales de los términos que se utilizan en el idioma inglés para describir este dispositivo: *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*, es decir, amplificación luminosa por emisión estimulada de radiación.

En un láser, los fotones emitidos por un material excitado por una corriente eléctrica estimulan la emisión de muchos otros fotones de la misma longitud de onda. Ello produce, finalmente, un haz de luz monocromático, coherente, (con todos sus rayos en fase), y de una gran intensidad, que es lo que se conoce como radiación láser.

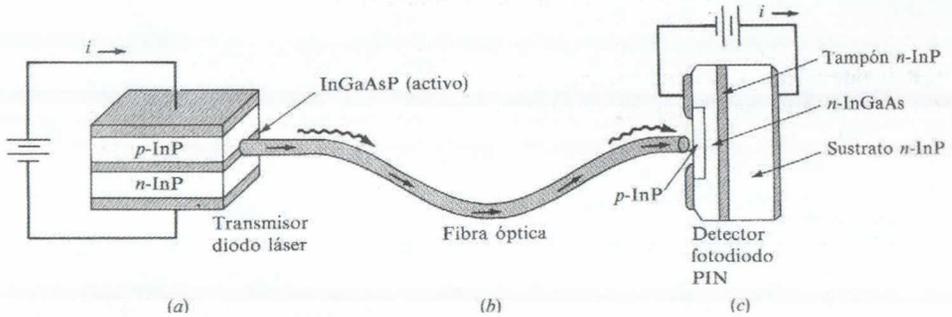
Existen distintos tipos de láseres, (de gases, de líquidos o de sólidos), con muy variadas aplicaciones tecnológicas, pero los que se emplean en comunicaciones son los láseres de semiconductores o láseres de unión. Éstos son los de menor tamaño, (vienen a ser como un grano de arena), y, por tanto, los de menor potencia de los que se conocen. Los láseres de semiconductores constan de una unión p-n basada en un compuesto III-V como GaAs u otros, con las propiedades eléctricas y ópticas adecuadas para mediar en la producción de este tipo de radiación.

Como se ha comentado con anterioridad, si se conecta el polo positivo de una batería a la región *p* y el negativo a la *n*, (polarización directa), se crea una diferencia de potencial en la unión y se produce una corriente de electrones y huecos que la atraviesa en sentidos opuestos. El choque de los portadores produce su recombinación en la unión. Los electrones de menor energía cinética se ven “atrapados” por la carga positiva de los huecos y se libera una cantidad de energía equivalente a la anchura de la banda prohibida del semiconductor. En el silicio, la recombinación va acompañada, fundamentalmente, de liberación de calor, (relajación térmica), lo que se debe a las características mecanocuánticas de su banda prohibida. Por ello, este material no es eficaz para producir radiación láser. Sin embargo, en los semiconductores compuestos III-V, como el GaAs o el InP, la energía de recombinación se libera en forma de radiación luminosa. Como el ancho de la banda prohibida viene a ser de 1 a 3 eV, la radiación emitida pertenece a la región infrarroja del espectro.

Antes de que ocurran nuevas emisiones de forma espontánea, el fotón emitido, (fotón activo), debe estimular la recombinación de un segundo electrón, con emisión de un nuevo fotón. Por ser la energía de este segundo fotón emitido igual a la del primero, sus frecuencias también deben ser iguales. Los dos fotones entran en resonancia y se propagan en fase. Un espejo totalmente reflectante situado en un extremo los devuelve al interior de la cavidad.

A medida que los fotones se mueven en el seno del semiconductor estimulan nuevas recombinaciones. Parte de la radiación escapa a través de un espejo semitransparente situado en el otro extremo. Por

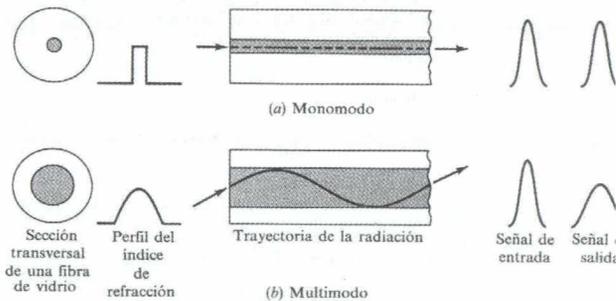
encima de cierto valor umbral de la corriente inyectada, se forma un haz de luz coherente y el dispositivo comienza a funcionar como un láser.



Elementos básicos de un sistema de comunicaciones por fibra óptica. (a) Transmisor láser de InGaAsP. (b) fibra óptica para la transmisión de fotones. (c) Fotodetector diodo PIN.

Fig. 9

Un sistema de comunicaciones fotónico consta de tres elementos básicos: un *láser* que convierte la señal eléctrica en luminosa, una guía de ondas o *fibra óptica* y finalmente un *fotodetector* (Figura 9). Los pulsos de luz generados por el láser viajan decenas de kilómetros a través de fibras de vidrio de características especiales hasta que, al llegar al detector, las señales son convertidas de nuevo en impulsos eléctricos.



Fibras ópticas de salto de índice (a) monomodo y (b) multimodo, según secciones.

Fig. 10

Las fibras ópticas más sencillas son las de salto de índice (Figura 10). Constan de dos partes, el núcleo y la cubierta, ambas de vidrio de sílice. Su espesor total es similar al de un cabello humano (unos  $100 \mu\text{m}$ ). El núcleo es el medio a través del que se propagan de las señales; la cubierta sirve para confinar los fotones en el interior del núcleo. Para ello, el índice de refracción de la cubierta debe ser ligeramente menor.

Al inyectar un pulso de luz en la fibra, se producen una serie de haces luminosos que pueden avanzar siguiendo diferentes caminos

a través del núcleo o de la cubierta, según el ángulo de incidencia con la sección transversal de la fibra. Si dicho ángulo es suficientemente pequeño, el haz luminoso resulta completamente reflejado en la unión núcleo-cubierta y queda atrapado, propagándose por múltiples reflexiones a través del núcleo. Si el ángulo es excesivo no se produce reflexión y la señal se pierde.

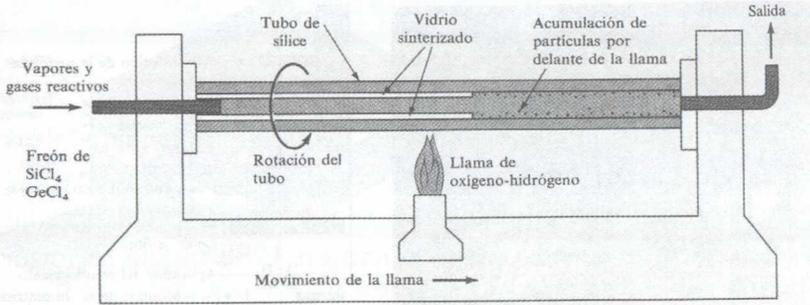
Una fibra en la que la luz pueda viajar a lo largo de varios recorridos o modos diferentes es una fibra multimodal. Si el diámetro del núcleo es suficientemente pequeño, se puede conseguir que los rayos viajen por un único camino, en cuyo caso la fibra es unimodal. En este tipo de fibras la señal viaja casi en línea recta por el centro del núcleo.

En una fibra multimodal, los rayos que avanzan según ángulos mayores respecto al eje de la fibra, recorren distancias también mayores y sufren cierto retraso. Al cabo de cierta distancia, la señal se difumina, con lo que la velocidad máxima de transmisión y la longitud útil de la fibra, resultan ser notablemente limitadas. Para superar esta dificultad se pueden incorporar al vidrio ciertas impurezas, tales como óxido de boro ( $B_2O_3$ ) o dióxido de germanio ( $GeO_2$ ), que hacen que el índice de refracción varíe de forma parabólica desde el centro hasta la periferia. Así, la velocidad de propagación de los haces de luz en la fibra aumentará con la distancia radial al centro y, por tanto, la mayor velocidad de los modos correspondientes a los ángulos más elevados compensará la mayor longitud de sus recorridos.

El vidrio para la fabricación de fibras ópticas tiene características especiales. Debe ser de una gran pureza y no puede contener agua, iones hidróxido o metales pesados, (hierro, cobre, o vanadio), ni siquiera en cantidades del orden de 1ppb. Las burbujas y los defectos superficiales deben ser prácticamente eliminados.

Si los fotones que viajan por la fibra son absorbidos por las impurezas, la señal pierde intensidad gradualmente. A causa de ello, la señal debe ser regenerada mediante repetidores electro-ópticos, que se intercalan periódicamente en la fibra cada cierto número de kilómetros recorridos. A menor concentración de impurezas, corresponde menor atenuación de las señales y mayor distancia recorrida. Las fibras ópti-

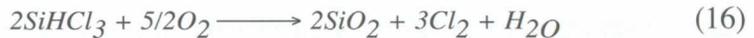
cas actualmente en servicio tienen una atenuación tan pequeña que las señales puede viajar más de setenta kilómetros a su través sin necesidad de ser regeneradas.



Esquema del proceso químico de deposición de vapor modificado (MCVD) para la producción de preformas vítreas destinadas a la fabricación de fibras ópticas

Fig. 11

El vidrio para la fabricación de fibras ópticas suele prepararse por el método de descomposición de vapor (Figura 11). Al inyectar triclorosilano en un quemador de llama oxidante, el haluro se descompone. La sílice formada se deposita en el interior de una barra cilíndrica de vidrio macizo que está en rotación.



El movimiento oscilante de la barra hacia uno y otro lado, va depositando sucesivas capas de vidrio de sílice, que sería de gran pureza si no contuviera cierta cantidad de agua e iones hidróxido. Los contaminantes se eliminan calentando el vidrio en atmósfera de helio y cloro en un horno cerrado. Tras elevar la temperatura del horno con el fin de consolidar el producto vítreo, la masa se contrae y queda como un vidrio claro, libre de burbujas, que se conoce como preforma. A continuación ésta se estira para producir fibras muy delgadas, cuyo diámetro no debe oscilar en más de un micrómetro en longitudes de varios kilómetros. La estricta vigilancia dimensional es importante para que la fibra no sufra pérdidas de luz cuando deba unirse a otra en las líneas de transmisión.

Por último, la fibra se recubre superficialmente con vistas a su protección. El núcleo y la cubierta suelen protegerse mediante una

vaina, normalmente de naturaleza polimérica, de unos 60 mm de espesor. Las fibras envainadas se colocan en haces o paquetes muy flexibles y se recogen en carretes.

Los pulsos de luz viajan por la fibra óptica a una velocidades mucho mayor que la de las señales eléctricas a través de un hilo de cobre. Además, las señales transmitidas por la fibra no presentan interferencias. Por ello, la capacidad de transmisión de señales de la fibra óptica es muy superior a la de los cables de cobre empleados en las líneas telefónicas tradicionales. El primer cable óptico transatlántico para telefonía que se puso en servicio en 1988 puede soportar hasta 40.000 llamadas simultáneas. A modo de comparación, el último cable de cobre, tendido a mediados de los setenta, no soporta más de 10.000.

La fibra óptica está reemplazando al cobre no sólo en comunicaciones a larga distancia, sino también en las redes locales. Los denominados “canales de alimentación”, (los cables que llevan la línea telefónica desde la central hasta los grupos de abonados), que se instalan en la actualidad son ya de fibra óptica. De no ser por los cables ópticos podía resultar problemático incrementar el número de líneas, ya que en las grandes ciudades los tendidos subterráneos están comenzando a saturarse. La fibra óptica se está imponiendo por su inmunidad a las interferencias electromagnéticas, su ligereza, su reducido tamaño y su gran capacidad de transmisión.

En lo que atañe a las comunicaciones, los semiconductores compuestos y el vidrio de alta pureza son a la tecnología fotónica lo que el hierro y el cobre, respectivamente, fueron a los primitivos sistemas electrónicos de comunicación del siglo pasado, si bien los materiales fotónicos y sus métodos de procesado son bastante más complejos que los de la época de Edison.

Puede que la fibra óptica llegue a desplazar a los cables de cobre a corto plazo, pero la sustitución de los actuales ordenadores por otros estrictamente fotónicos parece mucho más difícil. Los dispositivos fotónicos de control equivalentes a los transistores se encuentran en un estadio de desarrollo bastante primitivo y, hasta la fecha, no se ha logrado construir circuitos fotónicos plenamente satisfactorios para

ser aplicables a gran escala. Aunque la tecnología optoelectrónica se considera bien asentada en la actualidad, la fotónica pura se encuentra en sus inicios. Controlar o amplificar una señal óptica implica convertirla previamente en una corriente eléctrica. De la misma manera que, antes de disponerse de las válvulas, las señales eléctricas sólo podían controlarse por medios mecánicos, en los actuales sistemas fotónicos las señales luminosas se procesan con ayuda de circuitos electrónicos.

A pesar de su enorme progreso en los últimos años, la tecnología fotónica necesita aún de un considerable desarrollo. En lo relativo a la potencia funcional de los ordenadores, se estima que la nueva tecnología permitirá duplicar, como mínimo, las cotas alcanzadas por la actual. En cuanto a la velocidad, se estima que los ordenadores fotónicos podrían operar unas mil veces más rápido que los actuales. Ahora bien, desarrollar un ordenador completamente fotónico es una meta a muy largo plazo: los dispositivos fotónicos puros, capaces de realizar funciones diferentes de la simple transmisión de información, no resultan todavía plenamente satisfactorios.

En el futuro inmediato, los sistemas de información y comunicación seguirán estando integrados por componentes ópticos y electrónicos en estrecha simbiosis. Unos servirán para el transporte de las señales mediante la interconexión con los otros. El procesado de la información se realizará con ayuda de biochips (futuros circuitos integrados que incorporarán elementos biológicos, como las neuronas). Siendo realistas, la mejora de los actuales sistemas optoelectrónicos de comunicación pasa, más bien, por la reducción de su coste que por el aumento de su capacidad.

Para estimar los límites de la actual tecnología fotónica, basada en el láser y la fibra óptica, se deben considerar varios factores: máxima potencia de salida en el láser, intensidad umbral para que se produzca respuesta en el detector y distancia máxima a la que puede viajar un pulso de luz, a través de la fibra, sin sufrir atenuación o distorsión. El sistema más desarrollado está todavía unas mil veces por debajo de su límite teórico y se cree que tardará en alcanzarse alrededor de veinte años.

¿Qué mejoras permitirán acercarse al límite de la tecnología actual? Las fibras de vidrio de sílice que se emplean tienen una atenuación tan pequeña que las convierte en apropiadas para la mayoría de los proyectos. No obstante, si se pretende alcanzar largas distancias sin emplear repetidores, las actuales fibras no pueden dar una respuesta satisfactoria: en las fibras de sílice es inevitable una pequeña absorción de luz en el infrarrojo, debida a las vibraciones de los enlaces Si-O. Aunque la atenuación de las fibras de sílice es muy pequeña, las señales necesitan ser regeneradas cuando recorren algo más de setenta kilómetros a través de ellas. Para construir fibras de menor atenuación, se necesitan nuevos materiales con átomos más pesados unidos por enlaces más débiles. Algunos de los materiales en estudio que ofrecen buenas perspectivas de aplicación son el fluoruro de circonio ( $ZrF_2$ ), el triseleniuro de arsénico ( $As_2S_3$ ) y el ioduro potásico (KI). Todos ellos son materiales cristalinos, por lo que fabricar con ellos fibras ópticas plantea una grave dificultad tecnológica. Por todo ello, se tiende más a conseguir la reducción del precio de las fibras actuales que la mejora de su calidad.

En cuanto a los láseres, sería sumamente útil contar con dispositivos que generasen una luz mucho más pura. Aunque se suele hablar del láser en términos de radiación monocromática, lo cierto es que los que están en servicio emiten varias líneas espectrales muy próximas. Como la velocidad de propagación de las ondas luminosas depende de su frecuencia, un pulso formado por varias frecuencias tiende a difuminarse cuando avanza por la fibra (dispersión cromática).

La Era de la Información y las Comunicaciones también podría ser conocida, con toda propiedad, como la Era de los Materiales. Con uno u otro nombre, una de sus características más notorias, es cómo un conjunto de materiales u objetos tangibles (semiconductores, tarjetas, cables metálicos, fibras ópticas...) se integra con un mundo inmaterial de datos, funciones lógicas y programas para formar un todo de clara utilidad económica y social. En el futuro, la consecución del máximo nivel de funcionalidad en las comunicaciones es, indiscutiblemente, tarea de la ingeniería, pero también, como no, de la Ciencia de Materiales y, por lo tanto, de la Química.



## BIBLIOGRAFÍA

SMITH, William F. *Fundamentos de la Ciencia de los Materiales*, 2.<sup>a</sup> Edición. McGraw-Hill. 1994.

ASKELAND, Donald R. *La Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Grupo Editorial Iberoamérica. 1988.

*Engineered Materials Handbook*. ASM Internacional. 1988.



# MATERIALES INORGÁNICOS

Carlos Pico Marín

Catedrático de Química Inorgánica. Universidad Complutense.

Presidente de la Real Sociedad Española de Química

## INTRODUCCIÓN

Thomson, quien puso en evidencia la difracción de los electrones por los cristales en 1937, ha definido nuestra época como la *Edad de los Materiales*; en efecto, las primitivas Edades, (*Piedra, Bronce, Hierro*), se han asociado con la utilización de diferentes materiales que se emplearon de modo predominante para atender a las necesidades básicas, (alimentación, vestido, protección). En nuestros días, es evidente hasta qué punto afecta la enorme diversidad de productos de consumo a la civilización: desde aplicaciones puramente estéticas y superfluas hasta otras esenciales para la subsistencia, pasando por toda clase de dispositivos para las comunicaciones y ocio; los materiales están presentes en todas las facetas del desarrollo económico y social.

Por tanto, el concepto de *material* está directamente relacionado con sus *aplicaciones*. Se han definido los materiales como “*sustancias con propiedades que los hacen útiles en maquinaria, estructuras, dispositivos y productos*”, lo cual conecta el material con su función y, a través de ella, con la aplicación. Por otra parte, dada la gran diversidad de materiales que se utilizan para un mismo fin, suelen clasificarse en función de su naturaleza química y pueden citarse tres grupos principales: metálicos, polímeros y cerámicos; además, deben tenerse presentes los vidrios, (generalmente parecidos a los cerámicos en su composición pero que no poseen orden cristalino). Incluso, cabe añadir una clase adicional de materiales, de amplio uso tecnológico y doméstico, como son las vitrocerámicas, (una especie de híbridos entre cerámicos y vítreos). En lo que sigue, se tratarán exclusivamente los cerámicos.

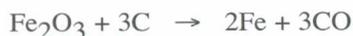
La química tiene un papel central en el desarrollo de la *Ciencia de los Materiales*, ya que la propia naturaleza de esta ciencia trata de los procesos de síntesis, de la composición y de las propiedades de los sistemas materiales; y, dentro de los métodos preparativos, la mejora de los rendimientos y de las propiedades deseadas, estudio del impacto ambiental, minimización de residuos y su reciclado, etc. (Fig. 1). Todas estas facetas están estrechamente relacionadas y pueden esquematizarse mediante la conocida imagen de un tetraedro, en cuyo centro estaría la química y sus vértices serían dichas características. Complementariamente, los tecnólogos aplican las propiedades encontradas en la investigación científica para construir dispositivos apropiados. En esta secuencia de conocimiento de propiedades y aplicaciones radica el desarrollo de la tecnología, que se resume en I + D + I (investigación + desarrollo + innovación tecnológica).



Los materiales y la Química.

Fig. 1

Baste citar para ilustrarlo la reacción entre el óxido de hierro y el carbón, que es la base de la industria siderúrgica:



Por supuesto que también interviene la química en etapas complementarias al estudio de las condiciones más favorables para que se realice un proceso, como son la composición, tratamientos posteriores y, fundamentalmente, el estudio estructural y microestructural del material. En resumen, se toman las materias primas de nuestro entor-

no y se transforman en materiales mediante procesos químicos; después de usados, hay que plantearse su posible reutilización, reciclado o eliminación, con objeto de minimizar sus efectos sobre el entorno del que surgieron a partir de las materias primas.

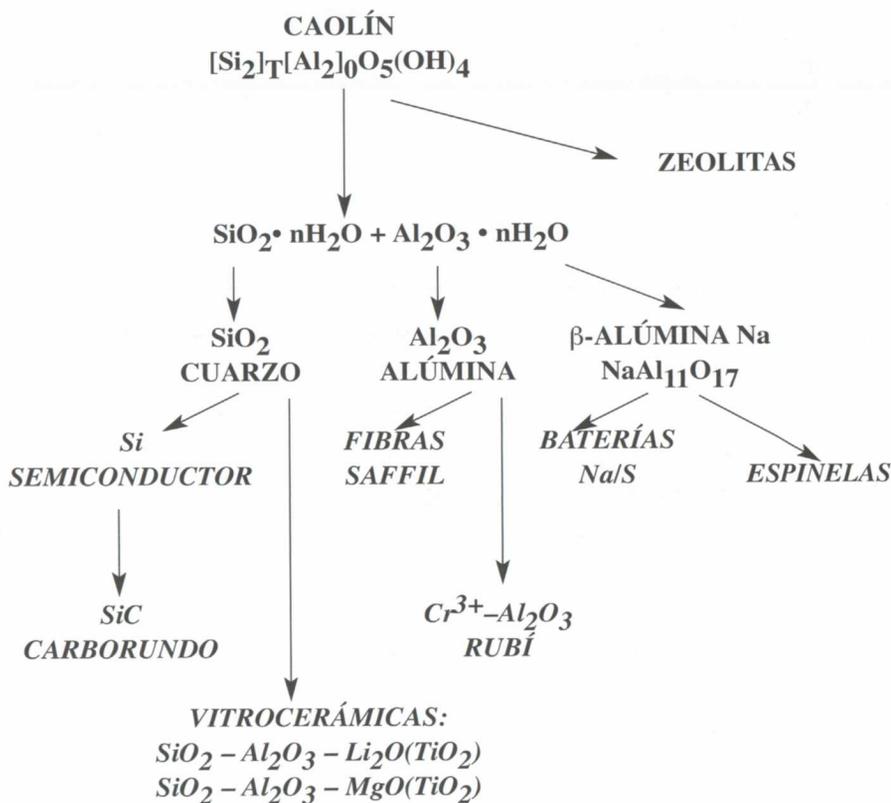
Además, deberíamos tener en cuenta, —precisamente en un contexto educativo que es primordial en este Curso—, cómo instruir a los jóvenes bachilleres en el conocimiento de los materiales, es decir, conviene plantearse el mejor medio de enseñar, en niveles adecuados, las propiedades de los materiales más comunes. Ello presupone que, con carácter previo, los estudiantes conozcan y dominen los conceptos científicos que explican tales propiedades. De no hacerlo así, saldrán de nuestras aulas analfabetos funcionales, ya que serán incapaces de interpretar o comprender el mundo tecnológico que nos rodea.

El propósito de este capítulo es revisar algunas propiedades de materiales de uso cotidiano y de otros que, al menos sobre el papel, tienen relación con productos químicos muy conocidos.

## SILICATOS

Muchos de los materiales cerámicos y vidrios están basados en materias primas tan abundantes y baratas como los silicatos. Son especialmente interesantes las características estructurales de los silicatos, ya que las propiedades están más relacionadas en muchos casos con la estructura que con la composición. La referencia unidades básicas son los tetraedros  $[\text{SiO}_4]$ , con uniones muy estables que determinan una elevada inercia química. En muchos casos, parte de los  $\text{Si}^{\text{IV}}$  se reemplazan por  $\text{Al}^{\text{III}}$  y ello supone una reducción en una carga positiva del tetraedro  $[\text{AlO}_4]$ , que debe compensarse con otros cationes externos; en los silicatos laminares, los cationes adicionales se sitúan entre las láminas (como en las micas) o mediante láminas aniónicas de  $\text{OH}^-$ , que formalmente tienen menor carga que los aniones óxido,  $\text{O}^{2-}$ . Esto último sucede en el caolín, de fórmula  $\text{Si}_2\text{Al}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ , que es un silicato muy común y abundante, empleado desde hace mucho tiempo para fabricar utensilios de porcelana.

A partir de un proceso químico muy sencillo (conocido como “disgregación”, en medio ácido o básico, que se resume en el Esquema 1) se pueden obtener en el laboratorio los correspondientes óxidos,  $\text{SiO}_2$ , sílice, y  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , alúmina, que son dos materias primas también muy importantes. Se necesita un tratamiento energético, (ácido sulfúrico concentrado o hidróxido sódico fundido), porque, como se ha indicado, las estructuras de los silicatos son muy estables.

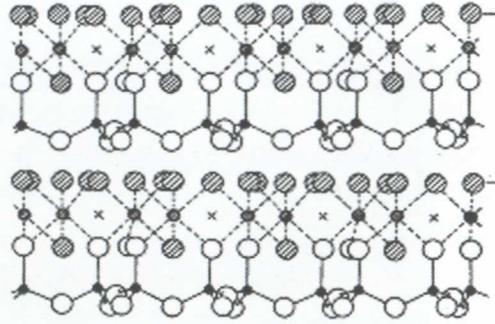


Disgregación del caolín en el laboratorio.

Esquema 1

La estructura del caolín, (o caolinita), se puede describir a partir de tetraedros  $[\text{SiO}_4]$  que comparten los tres vértices de su base; a la altura de los vértices no compartidos se sitúan grupos hidróxido formándose un plano compacto de aniones óxido e hidróxido; entre éste y otro plano también compacto de aniones hidróxidos, se disponen los cationes  $\text{Al}^{3+}$  en coordinación octaédrica (2 O + 4 OH). Los cationes

$\text{Al}^{3+}$  ocupan  $2/3$  de tales octaedros y la estructura es laminar (Fig. 2). Las láminas se unen mediante fuerzas de Van der Waals y enlaces de hidrógeno, (entre el plano de hidróxidos de una lámina y el plano de oxígenos compartidos por silicios de la siguiente). El espaciado interlaminar entre planos semejantes es de  $7,2 \text{ \AA}$ .

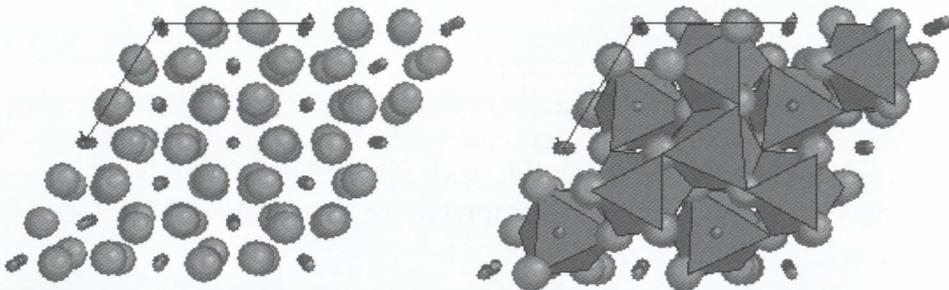


Estructura del caolín.

Fig. 2

## ALÚMINA, $\text{Al}_2\text{O}_3$

El trióxido de dialuminio, adopta varias estructuras en función de las condiciones de preparación, y una de ellas es el corindón. Es un empaquetamiento hexagonal compacto de aniones óxido, con cationes  $\text{Al}^{3+}$  en  $2/3$  de los huecos octaédricos y las unidades  $[\text{AlO}_6]$  comparten aristas y vértices con las vecinas (Fig. 3). El corindón es un material muy estable térmicamente, refractario, aislante eléctrico, y entre sus aplicaciones está la fabricación de placas cerámicas en microelectrónica. Es también muy inerte químicamente y puede obtenerse en forma de agregados microcristalinos muy dispersos, (muy poroso, de alta superficie), y en estas condiciones es un buen soporte de catalizadores. Como ocurre con otros muchos materiales, sus aplicaciones dependen en buena medida de la escala, (micro, nano, pico), en que se obtiene.



Estructura del corindón.

Fig. 3

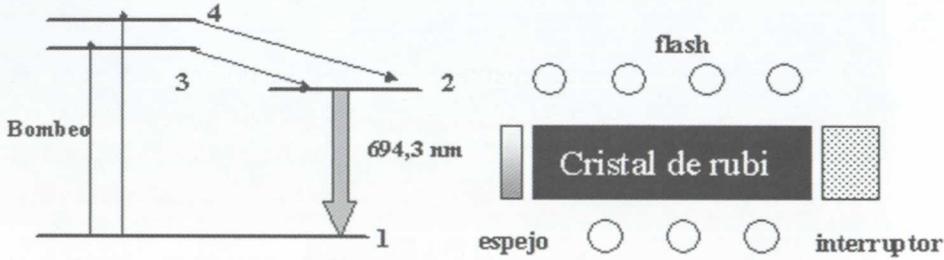
También la presencia de iones de otra clase introduce variaciones muy importantes en sus propiedades; citaremos tres en particular: el láser de rubí, las fibras Saffil y la  $\beta$ -alúmina.

El rubí es un mineral formado por  $\text{Al}_2\text{O}_3$  en cuya estructura hay una pequeña proporción de  $\text{Cr}^{3+}$  en las posiciones reticulares del  $\text{Al}^{3+}$ . En el campo octaédrico de los aniones óxido, los orbitales  $d$  del  $\text{Cr}^{3+}$  se desdoblán en dos conjuntos de orbitales ( $t_{2g}$  y  $e_g$ ), entre los que pueden darse saltos electrónicos por absorción de luz visible, pasando los iones  $\text{Cr}^{3+}$  ( $d^3$ ) de la configuración fundamental  $t_{2g}^3 e_g^0$  a una excitada  $t_{2g}^2 e_g^1$ ; esta absorción de luz hace que se vea el color complementario (rojo). Además de las aplicaciones ornamentales, el rubí tiene el interés histórico de haberse empleado como emisor de luz láser; muchos dispositivos de uso doméstico hoy utilizan esta propiedad (discos compactos, impresoras, etc.) y se usa cada vez más para enviar información por fibras ópticas, ya que la radiación láser se modula mejor que la de cualquier otra fuente. El proceso se puede esquematizar a partir de la absorción antes comentada, ya que el electrón excitado tiende a bajar su energía de dos formas:

- por emisión espontánea, produciendo otro fotón de igual frecuencia (o energía);
- por emisión inducida o estimulada: sobre él incide otro fotón y le hace bajar de nivel; en este caso, se da la circunstancia de que el fotón producido sale en fase y en igual dirección que el inductor.

En la Fig. 4 se indica el proceso de “bombeo” de electrones, provocado por lámparas de *flash* exteriores, desde el nivel fundamental (1) a los excitados (3 y 4); parte de la energía del sistema se transmite a la red (en forma de vibraciones cuantizadas, o fonones) y aumenta la población de un nivel intermedio (2). En un breve lapso de tiempo, unos 5 ms, alguno de esos electrones baja al estado fundamental y emite un fotón; este fotón induce el salto de otro electrón y el proceso prosigue de modo continuo. El cristal de rubí se encierra en una cavidad reflectora, donde rebotan los fotones emitidos para que el efecto inductor se multiplique, y al cabo de cierto tiempo se abre el interruptor de salida de la radiación y se observa un pulso de luz láser.

Las lámparas de *flash* son de Xe (en los láseres pulsados) o de W/I (en los de modo continuo).

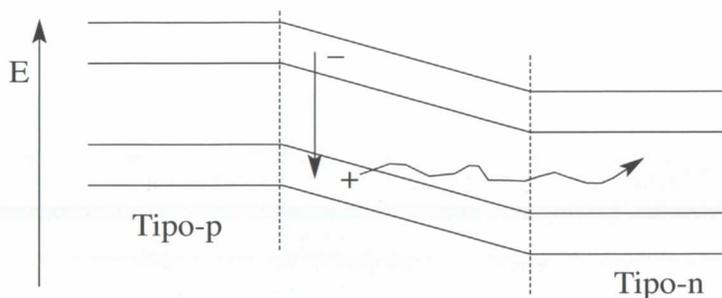


Esquema de un láser de rubí.

Fig. 4

Otros láseres muy utilizados son los de He-Ne (0,1 Torr de Ne y 1 Torr de He), en los que se produce la excitación del He mediante una corriente de electrones, y son estos electrones excitados los que se bombean al Ne, que es el elemento emisor de la radiación, y los de CO<sub>2</sub>, en los que el proceso de excitación es algo distinto; en lugar de que los electrones irradiados hacia la molécula induzcan saltos electrónicos, se excitan los niveles vibracionales desde la tensión de menor energía  $\nu_3$  (tensión asimétrica) a la  $\nu_2$  (de deformación, emitiendo a 10.600 nm) y  $\nu_1$  (tensión simétrica, a 960 nm).

El proceso contrario al de las celdas fotovoltaicas (que usan luz para producir un voltaje eléctrico) se emplea en los dispositivos LED, o diodos emisores de luz, de forma que se aplica un voltaje sobre una unión *p-n* de un semiconductor (Fig. 5) para producir luz. Un diodo de unión *p-n* consiste en hacer crecer un monocristal de Si, dopándolo en un extremo con un material tipo *n*, (p. ej. con un elemento más rico en electrones, As), y en el otro con otro tipo *p*, (con menos electrones, p. ej. Ga). En la región central, donde se juntan el *n* y el *p*, hay una discontinuidad en la concentración de electrones, de forma que éstos fluyen desde *n* hacia *p* en la oscuridad. Sin embargo, en presencia de luz, los electrones saltarán hasta la banda de conducción y, aplicando un campo eléctrico de forma que la zona *p* sea la positiva, los electrones fluirán hacia ese lado; al existir huecos positivos en la banda de valencia, se producirán saltos electrónicos acompañados de la emisión de fotones. El color de la radiación emitida dependerá de la anchura de la banda prohibida, siendo muy típicos el rojo del GaP y el verde-anaranjado del Ga<sub>1-x</sub>Al<sub>x</sub>P.



Dispositivos LED.

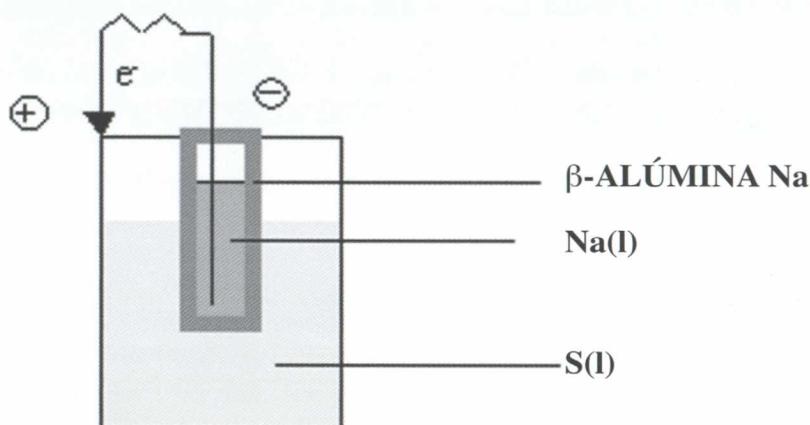
Fig. 5

En otro contexto diferente, se tiene una nueva familia de fibras ligeras de propiedades singulares, que se conocen como Saffil. Son extraordinariamente finas, de unos  $3 \mu\text{m}$  de diámetro (un cabello humano tiene de diámetro  $70 \mu\text{m}$ ) y su longitud media es de 2 a 5 cm. En sus propiedades se reúnen las de los materiales cerámicos y otras, como la flexibilidad y alta resistencia a la tensión, por lo que se emplean para el reforzamiento de metales que trabajan en condiciones muy drásticas, (en vehículos espaciales, escudos térmicos, juntas de expansión); además, son aislantes térmicos y eléctricos, (recubrimiento de hornos de alta temperatura), y poseen alta porosidad, lo que las hace útiles como soporte de catalizadores. El proceso de preparación no se conoce y se producen cantidades del orden de 100 T por año.

Entre los conductores iónicos más característicos se encuentra la  $\beta$ -alúmina, de composición  $\text{NaAl}_{11}\text{O}_{17}$ ; recibió este nombre porque se pensó que era una nueva variedad cristalina del óxido  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . En realidad, su estructura está relacionada con la tipo espinela, donde los cationes  $\text{Al}^{3+}$  se encuentran en posiciones octaédricas ( $2/3$ ) y tetraédricas ( $1/3$ ) de un empaquetamiento cúbico compacto de aniones óxido,  $\text{O}^{2-}$ . Se identifican bloques formados por cuatro planos aniónicos paralelos, relacionados entre sí por un plano especular, (de simetría), y en el cual se sitúan los cationes  $\text{Na}^+$ ; estos cationes pueden desplazarse en ese plano con bajos valores de resistividad,  $\rho \sim 30 \Omega \text{ cm}$ . Dependiendo del método de preparación empleado, se puede variar la composición, de forma que entren iones sodio extras (20 – 30%) a costa de crearse vacantes de  $\text{Al}^{3+}$  en los bloques de espinela, p. ej., en  $\text{Na}_{1,3}\text{Al}_{10}\text{O}_{17}$ . También es posible sustituir parte de los iones  $\text{Na}^+$  por oxonios,  $\text{H}_3\text{O}^+$ , de forma que estos últimos son los portadores de

carga, lo que generalmente supone un aumento notable en la conductividad del material. Unos y otros son ejemplos de los llamados materiales FIC (del inglés, *fast ion conductors*).

Entre las alternativas a la producción de energía por carbón o petróleo se encuentran las baterías de estado sólido. Desde 1900 hay vehículos que funcionan con energía eléctrica y actualmente hay más de 100.000 que se mueven con las clásicas de  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{Pb}$ . Las más interesantes son las del sistema Na/S, que es capaz de almacenar cinco veces más energía (a igual masa), no es contaminante, es de larga vida y barato. Entre sus inconvenientes está la necesidad de recargas frecuentes, que a su vez son largas (15-20 h) y que las prestaciones de velocidad en un vehículo son bastante limitadas.



Esquema de una pila Na/S.

Fig. 6

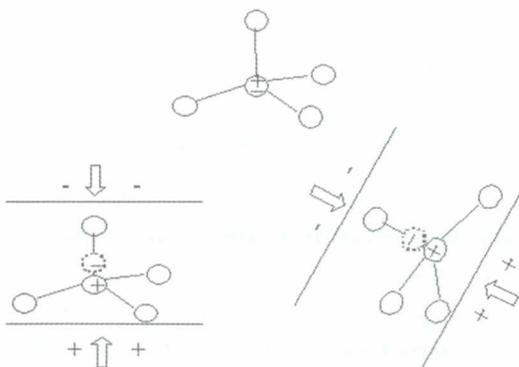
Las baterías convencionales están formadas por dos electrodos sólidos separados por un electrolito líquido. En cambio, en algunas baterías de estado sólido, se tiene uno o dos electrodos líquidos entre los que se sitúa un electrolito sólido, (en otros casos, ambos electrodos son compuestos sólidos que aceptan la inserción de los iones móviles, p. ej.  $\text{Li}^+$ , que se incorpora a la red reversiblemente, sin grandes cambios estructurales). La  $\beta$ -alúmina se utiliza como electrolito, (es decir, material que deja pasar a su través los iones portadores de carga,  $\text{Na}^+$ ), entre dos electrodos líquidos, uno de Na fundido (a  $100^\circ\text{C}$ ) y otro de S fundido (a  $120^\circ\text{C}$ ); el sodio se incorpora al cátodo en forma de  $\text{Na}_x\text{S}_n$ . Las dimensiones de la celda (Fig. 6) son de 38 cm de largo por

3 de diámetro y en un coche eléctrico se instalan 980 celdas, (20 módulos de 49 celdas), con un voltaje final de 100 V y capacidad de 50 kW h, soportando más de 1000 ciclos de carga.

## SÍLICE, $\text{SiO}_2$

El dióxido de silicio presenta varias formas polimórficas, (cuarzo, tridimita y cristobalita), que se diferencian en la disposición de los tetraedros  $[\text{SiO}_4]$  en el espacio. El cuarzo tiene la curiosidad histórica de que fue el primer compuesto inorgánico en el que se evidenció la actividad óptica, (hasta entonces era una propiedad asociada con los compuestos orgánicos), ya que las formas  $\alpha$  y  $\beta$ -cuarzo tienen estructuras, (cadenas helicoidales de tetraedros), que son imágenes especulares y desvían el plano de la luz polarizada en sentidos opuestos.

Por otra parte, el cuarzo es piezoeléctrico (Fig. 7), es decir, que al ejercer una presión sobre la estructura, ésta se polariza y crea un campo eléctrico; los centros de gravedad de las cargas positivas y negativas de los tetraedros  $[\text{SiO}_4]$  no coinciden y crean dipolos. Cuando las estructuras tienen centro de simetría, los momentos dipolares se compensan. El efecto piezoeléctrico es reversible, de forma que un impulso eléctrico produce vibraciones mecánicas en el cristal y éste es el fundamento de los relojes de cuarzo, donde una batería de corriente alterna produce dichos impulsos. Al contrario, los cristales piezoeléctricos convierten impulsos mecánicos en señales eléctricas, (micrófonos, ultrasonidos).

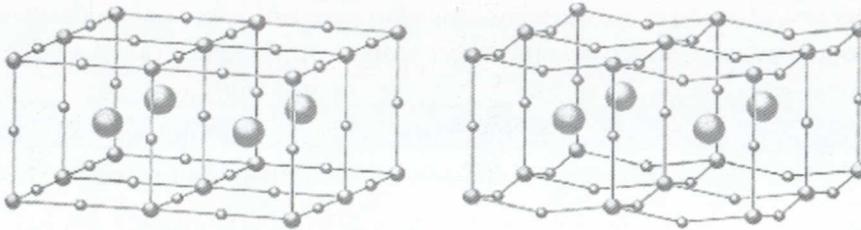


Estructura del  $\text{SiO}_2$  (cuarzo); b) Esquema del fenómeno piezoeléctrico.

Fig. 7

La piezoelectricidad es un caso particular de la ferroelectricidad, propiedad que presentan algunos dieléctricos. Otros materiales ferroeléctricos son algunas perovskitas, como el  $\text{BaTiO}_3$  (Fig. 8), que es ortorrómbico por debajo de la temperatura de transición a la forma cúbica (393 K), y

presentan ciclos de histéresis, (semejantes a los materiales ferromagnéticos, pero en este caso las variables son la polarización frente al potencial). El fenómeno es consecuencia de que se forman núcleos o *clústeres* en la estructura que alinean paralelamente sus momentos dipolares y, al cesar la acción exterior, permanece una cierta polarización remanente; se emplean como termistores, capacitores y detectores de radiación infrarroja. Finalmente, en este contexto, los materiales piroeléctricos son aquellos en los que se producen fenómenos de polarización por la acción de la temperatura.



Estructura tipo perovskita: idealizada y deformada.

Fig. 8

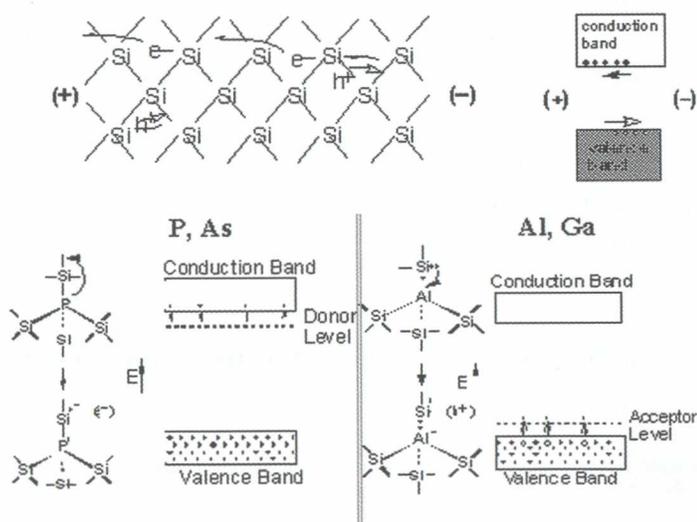
Otro material derivado del dióxido de silicio es el llamado vidrio de sílice, que se utiliza ampliamente para fabricar tubos y recipientes de laboratorio; entre sus características, están que posee muy alto punto de fusión, con una expansión térmica excepcionalmente baja y alta resistencia al choque térmico, además de ser inerte químicamente y tener alta transparencia a la luz ultravioleta.

El gel de sílice tiene igualmente amplias aplicaciones como absorbente y desecante, sobre todo como soporte de catalizadores y de cromatografía, respectivamente. Se habla de coloides cuando los componentes del sistema se encuentran dispersos, con dimensiones entre 1 nm y 1  $\mu\text{m}$ . Se trata de sistemas bifásicos, porque hay superficies de separación entre las partículas y el medio en que se encuentran dispersadas, (es el caso de los aerosoles, espumas, emulsiones, etc.), y tales interfases desempeñan un papel muy importante en propiedades como la adsorción (a su vez, asunto clave en procesos catalíticos). Las partículas coloidales que tienen superficies liofílicas, (literalmente, que tienen afinidad por el líquido), están solvatadas, es decir, recubiertas de moléculas de líquido; si se forman agregados de partículas que ocluyen altas cantidades de disolvente en su interior, con uniones físicas o

químicas entre ambos, se alcanza cierto grado de orden y el conjunto toma el aspecto de un sólido; este conjunto recibe el nombre de gel.

## SILICIO, Si

Por reducción del  $\text{SiO}_2$  se obtiene silicio elemental, que es un semiconductor intrínseco ( $E_g = 1,1 \text{ eV}$ ) bien conocido y muy ampliamente empleado. Su conductividad se incrementa al doparlo (Fig. 9) con otros elementos de mayor número de electrones, (P, As, transformándose en un tipo- $n$ ), o de menor número, (Al, Ga, pasando a tipo- $p$ ), como antes se indicó al hablar de las uniones  $p-n$ . Los semiconductores III-V son sistemas isoelectrónicos, y por ello isoestructurales, con el silicio, como es el caso del GaAs ( $E_g = 1,4 \text{ eV}$ ) o del  $\beta\text{-SiC}$  ( $E_g = 2,2 \text{ eV}$ ). Este último, es conocido como carborundo, (recibió este extraño nombre como contracción de carbono y corindón, ya que su dureza es 9,5 en la escala de Mohs, intermedia entre la del diamante y la del corindón); presenta una enorme variedad de formas cristalinas, generalmente relacionadas con la de la blenda o la wurtzita. Entre sus propiedades están poseer la mayor estabilidad térmica conocida en un compuesto binario y ser muy inerte, empleándose como abrasivo y semiconductor; cuando se dopa con otros elementos se utiliza en transistores, rectificadores, diodos y dispositivos electroluminiscentes.

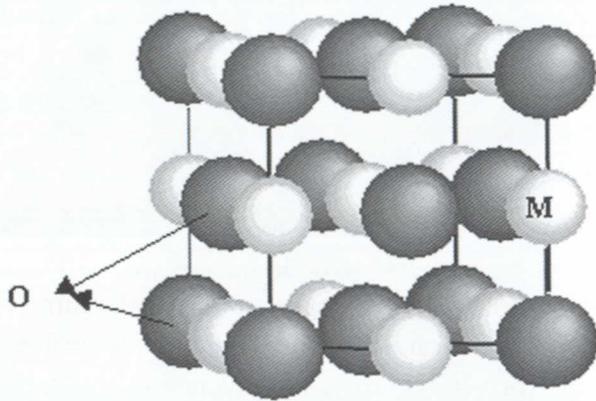


a) Semiconductor intrínseco; b) semiconductores extrínsecos.

Fig. 9

## ÓXIDOS METÁLICOS

Otros sistemas inorgánicos que son frecuentemente semiconductores son los óxidos metálicos, por ejemplo, los de composición MO tienen estructura tipo NaCl; los cationes pueden situarse en los centros de las aristas de la celdilla unidad cúbica y los aniones en los vértices y centros de las

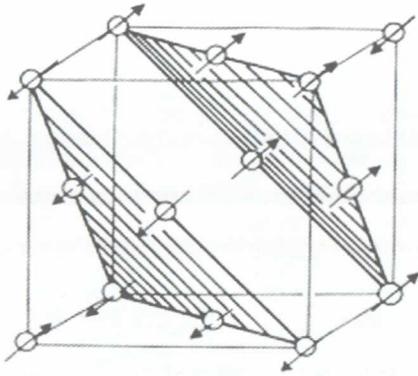


Estructura de MO (Tipo NaCl).

Fig. 10

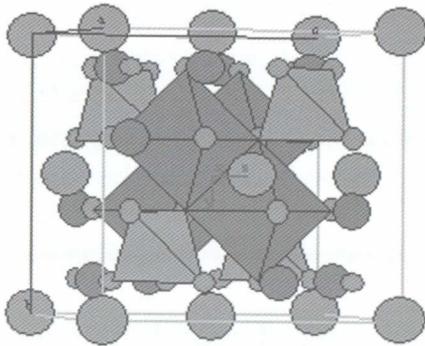
caras (Fig. 10). Ahora hay que retomar los comentarios sobre el desdoblamiento de los orbitales  $d$  de los metales de transición, vistos al tratar del rubí, y su orientación en el espacio: los  $e_g$ , ( $d_{x^2-y^2}$ ,  $d_{z^2}$ ), apuntan hacia los aniones óxido, mientras que el conjunto de orbitales  $t_{2g}$ , ( $d_{xy}$ ,  $d_{yz}$ ,  $d_{zx}$ ), están orientados hacia los doce cationes más próximos en torno a uno dado. Todos estos  $t_{2g}$  tienen la simetría adecuada para solapar entre sí y son de igual energía y ello se producirá efectivamente si están lo suficientemente expandidos en el espacio; así sucede en los primeros elementos de la primera serie de transición y se forman bandas de energía parcialmente ocupadas por electrones en el TiO y el VO, de forma que son conductores electrónicos. Al ir hacia la derecha en la serie, los orbitales  $d$  se contraen, como consecuencia del aumento del número atómico efectivo, y el solapamiento cooperativo ya no se produce, formándose niveles discretos de energía con electrones; entre estos niveles pueden darse saltos electrónicos por excitación térmica o luminosa y el óxido es semiconductor, por ejemplo, en el NiO. (Hay también otros mecanismos que explican la conductividad, como es la falta de estequiometría, pero no los comentaremos.)

En los óxidos MO de los elementos centrales, como en MnO y FeO, también con estructura tipo NaCl, se registra otro fenómeno interesante que es el ferromagnetismo; por ejemplo, el  $\text{Fe}^{2+}$  tiene configuración electrónica  $t_{2g}^4 e_g^2$  con cuatro electrones desapareados y con



Estructura magnética del FeO.  
Fig. 11

espines paralelos, de acuerdo con el principio de Hund. Los iones  $\text{Fe}^{2+}$  se ordenan antiparalelamente en planos contiguos según diagonales de caras en la celda unidad (Fig. 11) debido a que los aniones óxido,  $\text{O}^{2-}$  ( $p^6$ ), diamagnéticos, acoplan cada uno de sus electrones en las tres direcciones del espacio, mutuamente perpendiculares, con los  $\text{Fe}^{2+}$  contiguos sobre cada arista y hacen que los momentos magnéticos resultantes de éstos queden antiparalelos. Este proceso se conoce como interacción de superintercambio. Por otra parte, resulta que la celda unidad magnética, en la que no son equivalentes los cationes de una y otra orientación de los espines, tenga dimensiones dobles que la celda cristalográfica.



Estructura tipo espinela.  
Fig. 12

Yendo a estructuras cristalinias más complejas, tenemos las espinelas, tipo estructural que recibe el nombre del mineral  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ . Para un caso genérico, de composición  $\text{AB}_2\text{O}_4$ , en la espinela se ocupa  $1/8$  de las posiciones tetraédricas y  $1/2$  de las octaédricas, en una red cúbica compacta de aniones óxido (Fig. 12). En estos sistemas se dan algunas de las propiedades antes vistas de conductividad iónica y electrónica y de ferro o antiferromagnetismo.

Como se ha dicho antes, los conductores iónicos poseen redes cristalinas abiertas, (laminares o con túneles), a través de las cuales pueden emigrar iones, que son los portadores de carga eléctrica); en las espinelas, el camino de conducción es a través de las posiciones octaédricas vacantes.

La conductividad iónica en la espinela,  $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  es consecuencia de que los iones  $\text{Li}^+$  se encuentran en posiciones tetraédricas

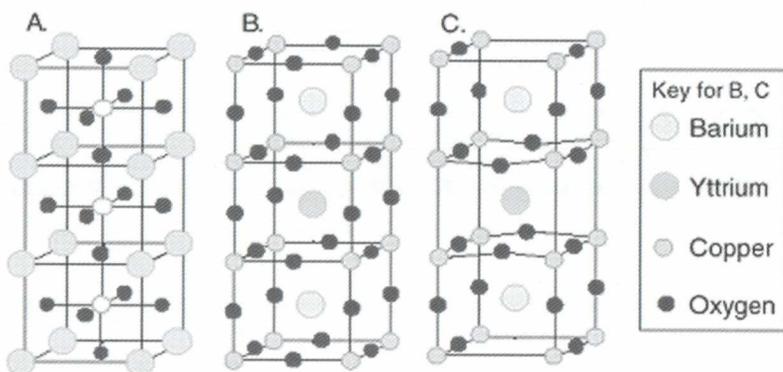
y puede desplazarse a otras análogas, vacías, a través de los huecos octaédricos adyacentes en la estructura ( $E_a = 0,5$  eV). La conductividad electrónica responde a un esquema de solapamiento de bandas de energía, como el antes comentado, como ocurre en  $\text{LiTi}_2\text{O}_4$ , o de saltos electrónicos (*hopping*), como en  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Las sustancias paramagnéticas son aquellas que poseen electrones desapareados, orientados al azar. Si los espines de esos electrones se acoplan entre sí, aparecen los fenómenos de ferromagnetismo, (todos orientados en el mismo sentido), antiferromagnetismo, (si se orientan antiparalelamente y la resultante es nula) o ferrimagnetismo, (si la orientación también es antiparalela, pero la resultante es distinta de cero; hay distinta proporción de espines en ambos sentidos). Como ejemplos de materiales con propiedades magnéticas están las ferritas,  $\text{M}^{2+}\text{Fe}_2\text{O}_4$ , siendo un caso representativo la magnetita,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ , cuya distribución de cationes es  $[\text{Fe}^{3+}]_{\text{tet}}[\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}]_{\text{oct}}\text{O}_4$ ; los momentos magnéticos de cada ion son  $\mu(\text{Fe}^{2+}) \approx 4 \mu_{\text{B}}$  y  $\mu(\text{Fe}^{3+}) \approx 5 \mu_{\text{B}}$ , de forma que si las interacciones fueran ferromagnéticas, el momento resultante sería la suma de ambos, es decir,  $\mu \approx 14 \mu_{\text{B}}$ ; pero el experimental corresponde a la diferencia,  $\mu \approx 4 \mu_{\text{B}}$ , lo que implica que se dan acoplamientos ferrimagnéticos entre los iones en posiciones tetraédricas y octaédricas, a través de mecanismos de superintercambio con los oxígenos comunes; los acoplamientos ferrimagnéticos tienen en común con los antiferro que son antiparalelos, pero la resultante no es nula. En las ferritas, es posible modular el valor del momento magnético resultante, bien seleccionando el elemento  $\text{M}^{2+}$  o bien en función de la distribución de los iones en la estructura (en posiciones tetra u octaédricas). También adopta la estructura espinela el óxido  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ , (deficiente en cationes), muy utilizado en cintas de audio, de vídeo y en disquetes, generalmente dopado con  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ .

Los materiales superconductores, entre los que se encuentran numerosos óxidos mixtos, del tipo del  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ , conocido como  $\text{YBaCuO}$ , tienen la propiedad de que su resistividad se hace cero a bajas temperaturas, comportándose como diamagnéticos perfectos en esas condiciones, (las líneas de flujo son repelidas por el sólido); en esto consiste el efecto Meissner, por el cual los materiales superconductores levitan sobre un imán. Sin embargo, si se aplican o un campo mag-

nético o una densidad de corriente eléctrica suficientemente intensos, desaparece el fenómeno de superconductividad. La teoría BCS explica este fenómeno a partir del apareamiento de dos electrones, los pares de Cooper, con espines y vectores de onda opuestos; tal acoplamiento se debe a interacciones electrón-fonón, (los fonones son vibraciones cuantizadas de la red cristalina).

Las estructuras de los óxidos del tipo citado,  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ , se relacionan con el tipo perovskita donde hay posiciones aniónicas vacantes, (aproximadamente 7/9), y ello reduce la coordinación de algunos iones metálicos, como es el caso del cobre, (dos tercios del Cu total está con coordinación piramidal cuadrada y el tercio restante tiene coordinación plano-cuadrada); ello supone que se trate de una superestructura de la perovskita, es decir, que los parámetros reticulares son múltiplos de los de referencia (Fig. 13).



Estructuras de óxidos superconductores.

Fig. 13

## VITROCERÁMICAS

Las vitrocerámicas se obtienen en forma de vidrios y seguidamente se cristalizan, (en un 90% aproximadamente), de forma que se tienen cristalitas de 0,1-1 mm; son, por tanto, materiales que combinan las propiedades de las cerámicas, (alta resistencia al choque mecánico y térmico), y de los vidrios, (facilidad de conformado), y que se incrementan debido a la ausencia de poros, (libres de tensiones), y poseyendo muy bajos coeficientes de dilatación.

Los materiales compuestos, o composites, están constituidos por una fase discontinua, (o de refuerzo), que le confieren buenas propiedades mecánicas y otra fase continua, (o matriz), que proporciona una alta resistencia mecánica y ambiental. La matriz suele ser polimérica, en sistemas que trabajan hasta unos 200° C, o cerámica, para altas temperaturas, o metálica, que soportan temperaturas próximas al punto de fusión de la aleación. Combinan la rigidez estructural con alta resistencia, además de ser fácilmente moldeables. Aparecen en una inmensa gama de aplicaciones: desde los aviones de combate hasta los cementos.

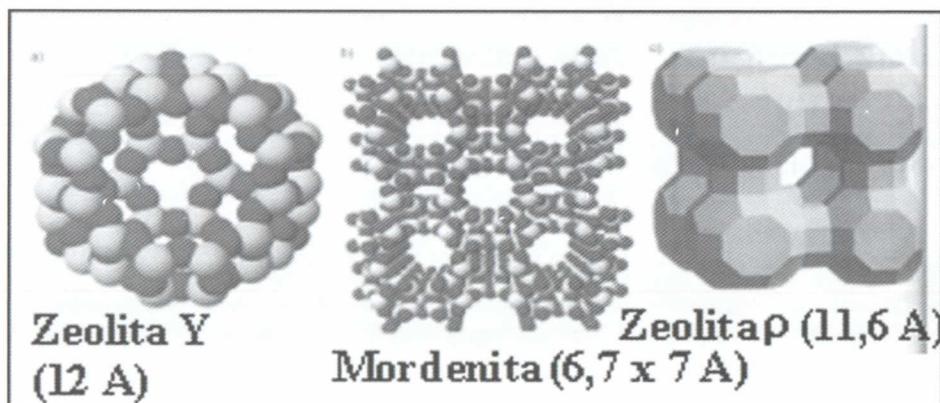
## ZEOLITAS

Con relación a otros derivados oxigenados del silicio merecen citarse las zeolitas. Son aluminosilicatos de estructuras tridimensionales que se caracterizan por poseer cavidades y canales relativamente grandes. Su composición puede referirse a  $M_{x/n}[(AlO_2)_x(SiO_2)_y] \cdot mH_2O$ ; es decir, parte de los  $Si^{4+}$  del esqueleto formado por unidades tetraédricas  $[SiO_4]$  se sustituyen por  $Al^{3+}$ , con lo que se crea una deficiencia de carga positiva, que se compensa con la entrada de cationes externos  $M^+$ ; generalmente, éstos se sitúan en las cavidades o canales de la estructura. Además, poseen una cantidad variable de agua en esas mismas posiciones externas al esqueleto, (de ahí su nombre: zeo, hervir y lithos, piedra), es decir, que al calentar el mineral el agua sale en forma de vapor. Entre sus numerosas aplicaciones se encuentran: catalizadores con alta especificidad, cambiadores de iones en ablandamiento de aguas, desecantes y tamices moleculares.

Son ejemplos característicos de los llamados materiales nanoporosos, es decir, que poseen cavidades en su estructura del orden de unidades o decenas de nanómetros. Por esta propiedad, se aplican como tamices moleculares, ya que pueden discriminar moléculas en función de su tamaño y forma. El acceso de determinadas moléculas al interior de los poros hace posible realizar con ellas dichas reacciones altamente específicas.

Un compuesto de referencia es el mineral sodalita,  $Na_6(Al_6Si_6O_{24}) \cdot 2NaCl$ , formado por 8 cajas cuboctaédricas, llama-

das cajas b, que se superponen según los tres ejes, compartiendo las caras cuadradas directamente; en la zeolita A, la disposición es semejante, pero la unión es a través de canales cuadrados, y en la faujasita la orientación de las cajas b es tetraédrica, a través de canales que conectan la mitad de las caras hexagonales. En los tres casos citados, en el centro queda una caja de dimensiones crecientes (Fig. 14). Sistemas relacionados son los ALPO (derivados del  $\text{AlPO}_4$ , que es isoelectrónico con el  $\text{SiO}_2$ ), que también tienen mucho interés en la moderna catálisis. La enorme diversidad de elementos que pueden incorporarse a estas estructuras hace que sean muy variadas sus aplicaciones. En general, las sustituciones isomórficas, (cationes sustituidos por otros en sus mismas posiciones reticulares), son un aspecto importante en el diseño de los catalizadores heterogéneos.



Estructuras de zeolitas.

Fig. 14

Entre las aplicaciones más relevantes de las zeolitas se encuentran las reacciones de craqueo, alquilación e isomerización de hidrocarburos en la industria del petróleo. Gracias a la uniformidad del tamaño de los poros y de la selectividad de forma, son mucho más eficaces y específicas las zeolitas que los catalizadores amorfos de sílice-alúmina.

Con este breve panorama, se ha tratado de resaltar algunas de las contribuciones de la química inorgánica al desarrollo de nuevos -y otros no tan nuevos- materiales. Es difícil apuntar qué clases de materiales serán los más eficientes para resolver problemas tales como los energéticos y medioambientales de los próximos años, pero es seguro

que sus aplicaciones estarán soportadas en los conocimientos de la llamada ciencia básica. De ahí la necesidad de que los estudiantes de secundaria deban dominar o, al menos, recibir una información adecuada y rigurosa de cuáles son los principios físico-químicos en que se basan algunas ramas de la tecnología. En un contexto más avanzado, hay que tener en cuenta la importancia del conocimiento estructural y de la naturaleza química de los elementos implicados en un material para analizar sus propiedades y aplicaciones.



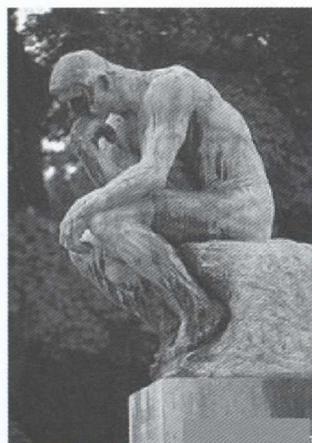
# LA INDUSTRIA QUÍMICA EN EL SIGLO XXI. DESARROLLO SOSTENIBLE

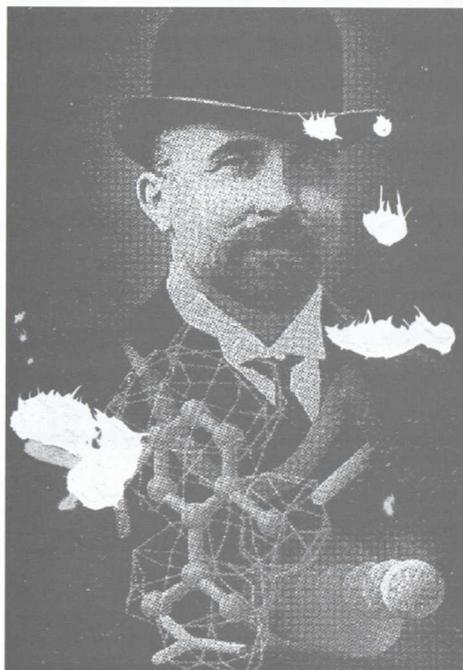
Juan José Nava Cano  
Vicepresidente-Director General  
Federación Empresarial  
de la Industria Química Española (FEIQUE)

## ¿INDUSTRIA QUÍMICA?

## ¿POR QUÉ?

## ¿PARA QUÉ?





**SOMOS  
REACCIONES  
AMBULANTES**

## **SOMOS REACCIONES AMBULANTES**

- **LOS PROCESOS CORPORALES**
- **RESPIRAR, DIGERIR, CRECER, ENVEJECER, INCLUSO PENSAR**
- **LOS PROCESOS QUÍMICOS FABRILES SON DIFERENTES EN ESCALA, MÁS QUE CONCEPTUALMENTE**

## **LA QUÍMICA Y LA ALIMENTACIÓN**



## **LA QUÍMICA Y LA ALIMENTACIÓN (I)**

- **NO TENDRÍAMOS ALIMENTOS SUFICIENTES SIN FERTILIZANTES Y FITOSANITARIOS**
- **CON LA MISMA SUPERFICIE CULTIVADA QUE EN 1950 SE ALIMENTAN 3.500 MILLONES MÁS DE HABITANTES**
- **SI SE SUPRIMIERAN ¿QUÉ PASARÍA EN EL 2050 CON UNA POBLACIÓN DE 11.000 MILLONES?**
- **SIN PRODUCTOS CONTRA LAS MALAS HIERBAS, Y LAS ENFERMEDADES DE LAS PLANTAS SE PERDERÍA LA TERCERA PARTE DE LAS COSECHAS**

## **LA QUÍMICA Y LA ALIMENTACIÓN (II)**

- **LA ALIMENTACIÓN HUMANA REQUIERE LA PROTECCIÓN DE LOS ANIMALES CONTRA LOS PARÁSITOS Y LAS ENFERMEDADES**
- **LOS ALIMENTOS DEBEN SER CONSERVADOS, TRANSPORTADOS Y ALMACENADOS ADECUADAMENTE**
- **EL USO DEL FRÍO Y LOS AISLAMIENTOS TÉRMICOS SON POSIBLES CON LOS GASES CRIOGÉNICOS Y RESINAS SINTÉTICAS**
- **LOS ENVASES - LIGEROS Y RESISTENTES - FABRICADOS CON MATERIALES PLÁSTICOS SE PUEDEN DISEÑAR PARA CUMPLIR FUNCIONES ESPECÍFICAS DE PROTECCIÓN**



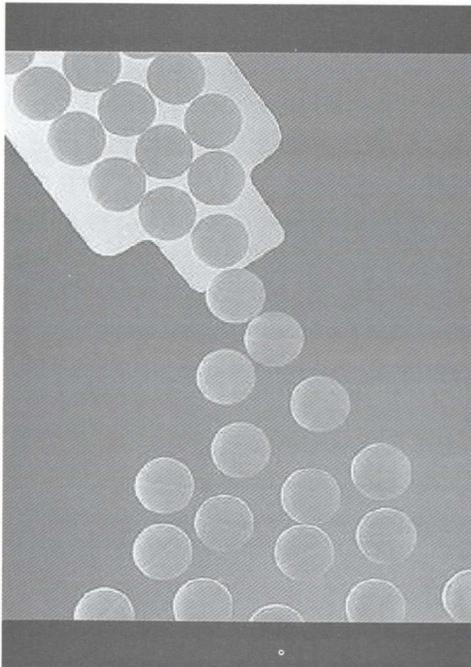
## **LA QUÍMICA Y EL VESTIDO**

### **LA QUÍMICA Y EL VESTIDO (I)**

- **UNA PLANTA DE ACRILONITRILO - QUE CABE EN UN CAMPO DE FÚTBOL - PRODUCE LA MISMA CANTIDAD DE FIBRAS QUE 12 MILLONES DE OVEJAS, QUE PASTARÍAN EN UNA SUPERFICIE COMO LA DE BÉLGICA**

## LA QUÍMICA Y EL VESTIDO (II)

- **LA FABRICACIÓN DE FIBRAS SINTÉTICAS (NAILON, POLIÉSTER, ACRÍLICAS...) PERMITEN DISPONER DE MÁS SUPERFICIE CULTIVABLE**
- **LAS FIBRAS NATURALES SON POCO MODIFICABLES Y SE PRODUCEN DE FORMA POCO EFICIENTE. LAS SINTÉTICAS SON ADAPTABLES A LAS NECESIDADES ESPECÍFICAS**
- **LA AVENTURA ESPACIAL NO HABRÍA SIDO POSIBLE SIN FIBRAS ESPECIALES**



## LA QUÍMICA Y LA SALUD

## **LA QUÍMICA Y LA SALUD (I)**

- **LA QUÍMICA ES PROTAGONISTA ESENCIAL EN LA SALUD Y LA CALIDAD DE VIDA HASTA EDADES MUY AVANZADAS**
- **LAS MEDICINAS Y LAS VACUNAS HAN ERRADICADO A LOS MAYORES "ASESINOS" (POLIOMIELITIS, VIRUELA, TUBERCULOSIS...)**
- **LA QUÍMICA AYUDA A ROMPER LA CADENA DE TRANSMISIÓN DE ENFERMEDADES COMO LA MALARIA**

## **LA QUÍMICA Y LA SALUD (II)**

- **LA MALARIA ESTÁ REGRESANDO POR UNA MALA PERCEPCIÓN DE LA UTILIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS**
- **LA QUÍMICA ALIVIA EL DOLOR Y MEJORA LA CALIDAD DE VIDA. SÓLO EN EUROPA HAY:**
  - **30 MILLONES DE ARTRÍTICOS Y REUMÁTICOS**
  - **5 MILLONES DE ENFERMOS DEL CORAZÓN**
  - **0,5 MILLONES PADECEN PARKINSON**
  - **INCONTABLES DIABÉTICOS, EPILÉPTICOS...**

## **LA QUÍMICA Y LA SALUD (III)**

- **PARA PROTEGER LA VIDA Y EVITAR ACCIDENTES EL HOMBRE RECURRE A:**
  - **CASCOS**
  - **GUANTES**
  - **CALZADO**
  - **TRAJES IGNÍFUGOS**
  - **CHALECOS ANTIBALA**
  - **GAFAS**  
... **FABRICADOS CON MATERIALES SINTÉTICOS LIGEROS Y RESISTENTES**



**EL HOMBRE REPARADO**

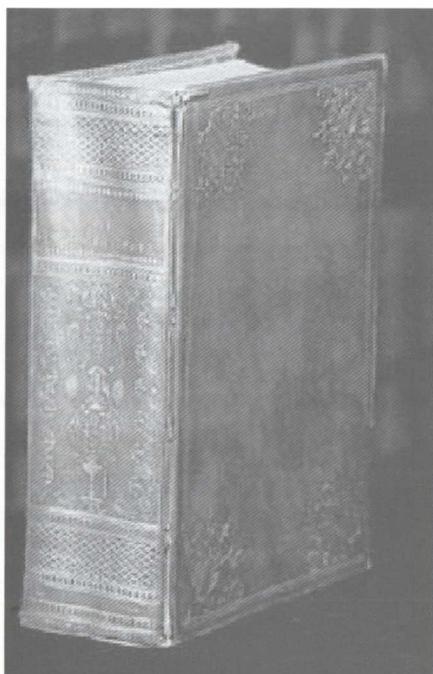
Corbis.com

## **EL HOMBRE REPARADO (I)**

- **PRODUCTOS Y MATERIALES PARA EVITAR LA INCAPACIDAD**
- **MATERIALES ULTRALIGEROS, BIOCOMPATIBLES PARA ARTICULACIONES**
- **VÁLVULAS CARDIACAS, MARCAPASOS, RIÑONES ARTIFICIALES, CÓRNEAS ARTIFICIALES, HECHOS CON PRODUCTOS DE ALTA TECNOLOGÍA**
- **LOS SORDOS OYEN CON APARATOS ACTIVADOS POR PEQUEÑAS PILAS**

## **EL HOMBRE REPARADO (II)**

- **LAS "REPARACIONES" - OPERACIONES QUIRÚRGICAS O DENTALES - NO SERÍAN POSIBLES SIN ANTISÉPTICOS, ESTERILIZANTES, TUBOS, HILOS, BOLSAS DE SANGRE Y PARA EL GOTA A GOTA, ADHESIVOS, CEMENTOS...**
- **...Y A LA ANESTESIA TODOS LES ESTAMOS MUY AGRADECIDOS, INCLUSO LOS DENTISTAS QUE SE HAN VUELTO MÁS SIMPÁTICOS**



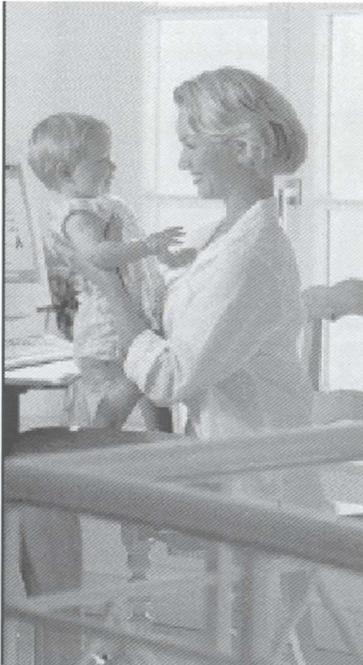
# LA QUÍMICA Y LA CULTURA

## LA QUÍMICA Y LA CULTURA (I)

- LA FABRICACIÓN DEL PAPEL SÓLO ES POSIBLE GRACIAS A LA QUÍMICA
- LOS LIBROS NECESITAN ADEMÁS TINTA Y ADHESIVOS
- EL PAPEL ANTIGÜO SE PROTEJE CON PRODUCTOS QUÍMICOS
- SE HAN DESARROLLADO PAPELES CELULÓSICOS Y SINTÉTICOS QUE DURAN SIGLOS EN LUGAR DE DÉCADAS
- GRACIAS A LOS CHIPS YA EXISTE EL LIBRO ELECTRÓNICO

## LA QUÍMICA Y LA CULTURA (II)

- FOTOGRAFÍA
- CINE
- MÚSICA
- CD-ROM
- DVD
- PINTURA
- CONSERVACIÓN DE MONUMENTOS Y OBRAS DE ARTE CON ADHESIVOS, COLAS, MOLDEANTES, SILICONAS...



## LA QUÍMICA DEL HOGAR Y LA VIDA DIARIA

## **LA QUÍMICA EN CASA - LA COCINA -**

- **PRODUCTOS DE LIMPIEZA**
- **DETERGENTES**
- **RECIPIENTES DE PLÁSTICO**
- **NEVERAS**
- **APARATOS ELECTRODOMÉSTICOS**
- **SARTENES ANTIADHERENTES**
- **MUEBLES**
- **BANDEJAS ANTIDESLIZANTES...**

## **LA QUÍMICA EN CASA - EL SALÓN -**

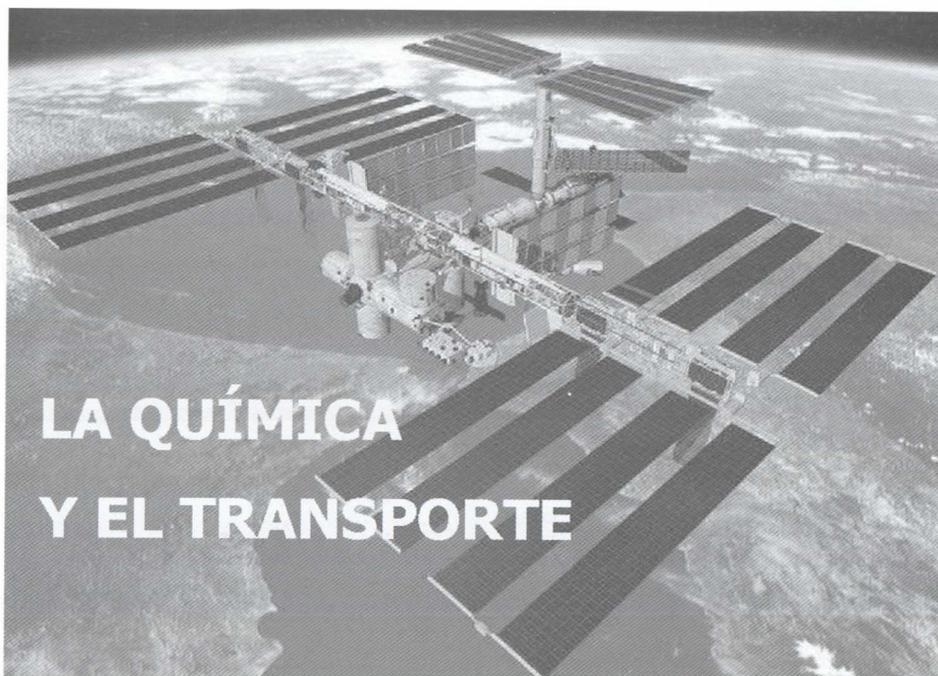
- **TELEVISIÓN**
- **VIDEO**
- **CADENA DE SONIDO**
- **CINTAS MAGNETOFÓNICAS**
- **DISCOS COMPACTOS**

**ANTES SE DEDICABAN 16  
HORAS AL DÍA A TAREAS  
DOMÉSTICAS,  
AHORA  
SÓLO  
2**

**PRODUCTOS QUÍMICOS POR  
TODAS PARTES  
(EN CASA O DE VIAJE)**

**HACIA CUALQUIER LUGAR QUE MIREMOS**

- ALFOMBRAS
- TAPICERÍAS
- PINTURAS
- AISLANTES
- APARATOS SANITARIOS
- MOBILIARIO URBANO
- SEÑALIZACIONES
- TOLDOS ...



## LA QUÍMICA Y EL TRANSPORTE

### LA QUÍMICA Y EL TRANSPORTE (I)

- **JULIO VERNE NOS LLEVÓ A LA LUNA CON SU IMAGINACIÓN, PERO HA SIDO LA IMAGINACIÓN DE LOS QUÍMICOS LA QUE HA CONTRIBUIDO A QUE ESTO SEA POSIBLE:**
  - **COMBUSTIBLES**
  - **TRAJES ESPACIALES**
  - **PRODUCTOS REFRACTARIOS**
  - **FIBRA ÓPTICA**
  - **ALIMENTOS PREPARADOS**
  - **ORDENADORES...**

## **LA QUÍMICA Y EL TRANSPORTE (II)**

- **UNO DE CADA DOCE PUESTOS DE TRABAJO EN EUROPA DEPENDE DEL AUTOMÓVIL QUE NO SERÍA POSIBLE SIN:**
  - **CORRECTORES DEL ÍNDICE DE OCTANO**
  - **ELECTRÓLITOS PARA LAS BATERÍAS**
  - **FLUÍDOS ANTICONGELANTES PARA LOS FRENOS**
  - **NEUMÁTICOS DE CAUCHO SINTÉTICO 400 VECES MÁS RESISTENTE QUE EL NATURAL**
  - **EXPLOSIVOS PARA LOS "AIRBAGS"**
  - **PINTURAS ANTICORROSIVAS**



**GRACIAS A LA LIGEREZA DE LOS PLÁSTICOS EL PARQUE EUROPEO PESA 48 MILLONES DE TONELADAS MENOS QUE SI LOS COCHES FUESEN TOTALMENTE METÁLICOS. ESTO SUPONE UN AHORRO ANUAL DE 6 MM. DE TONELADAS DE COMBUSTIBLES AL AÑO Y LA CORRESPONDIENTE CONTAMINACIÓN**

# LA QUÍMICA Y EL DEPORTE



## LA QUÍMICA Y EL DEPORTE (I)

- **LAS MARCAS DE LOS DEPORTISTAS CAEN EN PARTE POR EL USO DE MEJORES EQUIPOS Y MATERIALES**
- **LA MADERA, EL HIERRO Y EL CUERO HAN DEJADO PASO A LAS FIBRAS Y OTROS MATERIALES SINTÉTICOS PERMITEN LLEGAR MÁS LEJOS, MÁS ALTO Y A MAYOR VELOCIDAD**

## LA QUÍMICA Y EL DEPORTE (II)

- TANTO SI EL HOMBRE DESEA LLEGAR A LAS CUMBRES MÁS ALTAS, LAS PROFUNDIDADES DEL MAR O SIMPLEMENTE OCUPAR PARTE DE SU OCIO CON EL DEPORTE TIENE QUE CONTAR CON LA QUÍMICA QUE LE PROPORCIONA: CUERDAS LIGERAS Y RESISTENTES, TRAJES PROTECTORES, CALZADO ESPECIAL, CREMAS PROTECTORAS, OXÍGENO, GAFAS, EQUIPOS ELÁSTICOS...
- POSIBLEMENTE NO HAYA MOLÉCULAS MÁS PATALEADAS, O ACARICIADAS, QUE LAS DE LOS POLÍMEROS Y ELASTÓMEROS EMPLEADAS EN LA FABRICACIÓN DE BALONES DE FÚTBOL O BALONCESTO

## CONFUCIO



- *“Si yo fuera Emperador de la China, comenzaría fijando el significado de las palabras”*

## **TÉRMINOS QUE REQUIEREN ALGÚN COMENTARIO**

- **Economía y Ecología**
- **Medio Ambiente**
- **Calidad de Vida**
- **Desarrollo Sostenible**

## **ECONOMÍA Y ECOLOGÍA**

- **MISMA RAÍZ ETIMOLÓGICA, PERO:**
  - **ECONOMÍA - "ORDEN DE LA CASA"**  
**DESARROLLADA POR EL HOMBRE DESDE SUS ORÍGENES**
  - **ECOLOGÍA - "CONOCIMIENTO DE LA CASA"**
- **NO DEBE SORPRENDER QUE EL "ORDEN DE LA CASA" SIN SU "CONOCIMIENTO" PREVIO PROVOQUE PREGUNTAS COMO "¿QUÉ HACE UNA COSA COMO ÉSTA EN UN LUGAR COMO ESTE?"**
- **PARADOJA:**  
**EL AVANCE EN EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO QUE NOS PERMITE PROFUNDIZAR EN EL "CONOCIMIENTO DE LA CASA" NOS OBLIGA TAMBIÉN A MODIFICAR SU "ORDEN"**

## **MEDIO AMBIENTE**

- **SEGÚN EL DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA DE LA LENGUA:  
AMBIENTE = CIRCUNSTANCIAS QUE RODEAN A LAS PERSONAS Y A LAS COSAS**
- **EL MEDIO AMBIENTE NO ES SOLO EL AIRE, LOS RÍOS, LOS MARES, EL SUELO Y LAS CRIATURAS QUE LOS HABITAN, SINO TAMBIÉN EL HOMBRE Y SU ENTORNO SOCIO-ECONÓMICO**
- **DESDE ESTA PERSPECTIVA:  
LA DEFENSA DEL MEDIO AMBIENTE ES MUCHO MÁS QUE LA PROTECCIÓN DE LAS BALLENAS, LAS FOCAS O LAS AGUAS CRISTALINAS Y SE CONVIERTE EN UN PROBLEMA MÁS COMPLEJO YA QUE ESTAMOS TRATANDO DEL HOMBRE MISMO CON TODAS SUS NECESIDADES MATERIALES Y ESPIRITUALES**

### **DECLARACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS EN LA "CONFERENCIA SOBRE EL MEDIO AMBIENTE HUMANO" ESTOCOLMO 1972**

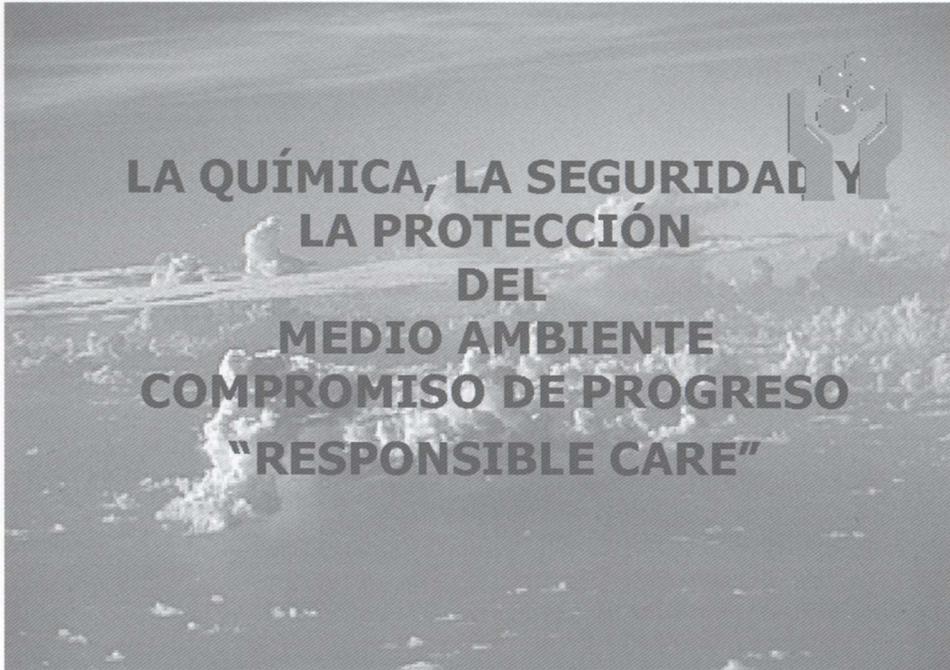
- **EL HOMBRE ES A LA VEZ OBRA Y ARTÍFICE DEL MEDIO QUE LE RODEA, QUE LE DA SUSTENTO MATERIAL Y LE OFRECE LA OPORTUNIDAD DE DESARROLLARSE INTELECTUAL, MORAL, SOCIAL Y ESPIRITUALMENTE**
- **EL DESARROLLO ECONÓMICO Y SOCIAL ES INDISPENSABLE PARA ASEGURAR AL HOMBRE UNA VIDA FAVORABLE Y CREAR EN LA TIERRA LAS CONDICIONES NECESARIAS PARA MEJORAR SU CALIDAD DE VIDA**
- **LAS POLÍTICAS AMBIENTALES DE TODOS LOS ESTADOS DEBERÍAN ENCAMINARSE A AUMENTAR EL POTENCIAL DE CRECIMIENTO ACTUAL Y FUTURO DE LOS PAISES EN DESARROLLO Y NO DEBERÍAN COARTAR ESTE POTENCIAL NI OBSTACULIZAR EL LOGRO DE MEJORES CONDICIONES DE VIDA PARA TODOS**

## CALIDAD DE VIDA

- **EL HOMBRE, HACE MILES DE AÑOS DISFRUTABA DE CIERTA CALIDAD DE VIDA**
  - AIRE Y AGUA MÁS LIMPIOS
  - RODEADA DE ANIMALES SALVAJES
  - CON MENOR RUIDO Y RIESGOS TECNOLÓGICOS
- **PERO:**
  - VIVÍA ATEMORIZADO EN LA OSCURIDAD DE SUS CAVERNAS
  - PASABA FRÍO Y HAMBRE
  - NO SALÍA DE UN CORTO RADIO DE SU LUGAR DE NACIMIENTO
  - ESTABA SOMETIDO CRUELMENTE A LAS ENFERMEDADES
  - “AFORTUNADAMENTE” DURABA POCO
- **ESTA CALIDAD DE VIDA RESULTA POCO ENVIDIABLE Y POR LO TANTO DEBEMOS CONSERVAR LOS ADELANTOS CONSEGUIDOS:**
  - CON EL MENOR COSTO SOCIAL POSIBLE
  - CORRIGIENDO LOS ERRORES, QUE AHORA SE ESTÁN CONSTATANDO GRACIAS A LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA TANTAS VECES DENOSTADAS

## DESARROLLO SOSTENIBLE

- **EL DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA DE LA LENGUA DEFINE EL DESARROLLO COMO:**
  - ACCIÓN DE ACRECENTAR UNA COSA DE ORDEN FÍSICO, INTELECTUAL O MORAL
- **EL CONCEPTO NO SE REFIERE, POR TANTO, SÓLO AL CRECIMIENTO MATERIAL, SINO TAMBIÉN CUALITATIVO**
- **PERO:**
  - LAS REPERCUSIONES DEL CRECIMIENTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE HAN OBLIGADO RECIENTEMENTE (DECLARACIÓN DE RIO - AGENDA 21 - 1992) A COMPLEMENTAR EL CONCEPTO DESARROLLO CON EL TÉRMINO “SOSTENIBLE”, EN CONSECUENCIA :
  - **DESARROLLO SOSTENIBLE ES:**
    - ACCIÓN DE ACRECENTAR LOS RECURSOS DISPONIBLES EN EL ORDEN FÍSICO, INTELECTUAL Y MORAL (ECONÓMICOS Y SOCIALES) DE FORMA DURADERA Y SIN PERJUICIO DE LAS FUTURAS GENERACIONES



- **LA NECESIDAD Y LA UTILIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS EN NUESTRA VIDA ES INCUESTIONABLE**
- **MENOS CONOCIDA ES LA CONTRIBUCIÓN DE LA QUÍMICA A LA DEFENSA DEL MEDIO AMBIENTE**
- **NO OBSTANTE LOS PRODUCTOS Y PROCESOS QUÍMICOS TIENEN TAMBIÉN EFECTOS NEGATIVOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y LA SEGURIDAD**
- **LA INDUSTRIA ES CONSCIENTE DE ELLO Y PRESTA A ESTOS ASPECTOS UNA ATENCIÓN PRIORITARIA**

## **INTRODUCCIÓN SE PRODUCEN DEMASIADOS**

- **ACCIDENTES**
- **SITUACIONES DE RIESGO**
- **AGRESIONES AL MEDIO AMBIENTE**
- **MOLESTIAS AL PÚBLICO**
- **MALOS ENTENDIMIENTOS**

## **RECHAZO SOCIAL**

- **DIFICULTAD PARA INSTALAR NUEVAS INDUSTRIAS O AMPLIAR LAS EXISTENTES**
- **DIFICULTAD PARA TRANSPORTAR PRODUCTOS QUÍMICOS**
- **DIFICULTAD PARA DISPONER DE INSTALACIONES DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS**

## **INICIATIVA DEL "RESPONSIBLE CARE"**

- **COMPROMISO DE LA INDUSTRIA EN MEJORAR CONTINUAMENTE EN:**
- **MEDIO AMBIENTE**
- **SEGURIDAD**
- **SALUD E HIGIENE INDUSTRIAL**

## **FECHAS CLAVE**

- **1985 - CANADÁ**
- **1989 - REINO UNIDO**
- **1991 - ESPAÑA - COMISIÓN GESTORA**
- **1993 - PRESENTACIÓN AL MINISTERIO DE INDUSTRIA (MINER)**
- **1994 - PRESENTACIÓN A COMUNIDADES AUTONÓMICAS**
- **1996 - 1999 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS (3 INFORMES SUCESIVOS AL MINER Y A LOS MEDIOS)**
- **ACTUALMENTE IMPLANTADO EN 45 PAÍSES**

## **OBJETIVOS DEL PROGRAMA**

- **PROMOVER ACCIÓN MÁS RESPONSABLE**
- **ESTABLECER METAS CUALITATIVAS Y CUANTITATIVAS**
- **DEMOSTRAR EL COMPORTAMIENTO INDIVIDUAL Y COLECTIVO DE LAS EMPRESAS**
- **MEJORAR LA CREDIBILIDAD DE LA INDUSTRIA**
- **PROPORCIONAR A LAS EMPRESAS UNA HERRAMIENTA DE GESTIÓN**

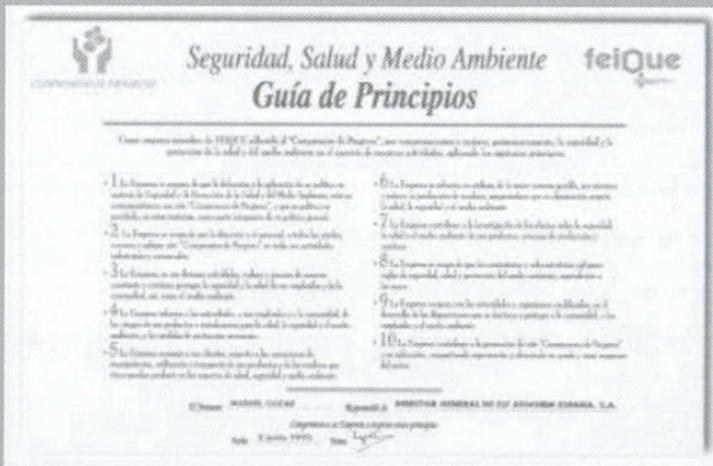
## **LOS TRES PILARES DEL COMPROMISO DE PROGRESO**

- **EL COMPROMISO PERSONAL DEL MÁXIMO EJECUTIVO**
- **EL NOMBRAMIENTO DE UN COORDINADOR POR PARTE DEL MÁXIMO EJECUTIVO**
- **LOS CÓDIGOS DE ACTUACIÓN**

## 10 PRINCIPIOS BÁSICOS

- POLÍTICA DE LA EMPRESA
- DIFUSIÓN INTERNA (CULTURA)
- MEJORA CONTINUA DE ACTUACIÓN
- INFORMACIÓN A LAS AUTORIDADES, EMPLEADOS Y PÚBLICO
- ASESORAMIENTO A LOS CLIENTES
- OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS Y RESIDUOS
- INVESTIGACIÓN
- CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS
- COOPERACIÓN CON LAS AUTORIDADES
- PROMOCIÓN

## PRINCIPIOS DEL COMPROMISO DE PROGRESO



## **CÓDIGOS**

- **PRINCIPAL HERRAMIENTA DE GESTIÓN**
- **PRETENDEN LA SISTEMATIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES**
- **FACILITAN LA IMPLICACIÓN DEL PERSONAL DE LA EMPRESA**

## **CÓDIGOS Y GUÍAS**

- **SEGURIDAD DE PROCESOS**
- **SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO**
- **PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE**
- **DISTRIBUCIÓN**
- **TUTELA DE PRODUCTO**
- **CÓDIGO DE COMUNICACIÓN Y RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIAS**

## **INDICADORES DE ACTUACIÓN**

- **REPRESENTAN EL PROGRESO OBTENIDO**
- **DEBEN PUBLICARSE Y EXPLICARSE**
- **INFORME MEDIOAMBIENTAL**
- **DEBERÍAN SER AUDITADOS**

## **COMUNICAR Y ESCUCHAR**

- **ESCUCHAR EN PRIMER LUGAR**
- **SER SENSIBLE A LAS PREOCUPACIONES DEL PÚBLICO**
- **COMUNICAR LOS RIESGOS**
- **ESTABLECER PLANES DE CRISIS**
- **FORMAR AL PERSONAL CLAVE PARA LA COMUNICACIÓN**
- **PANEL PÚBLICO ASESOR**

## **COMPARTIR EXPERIENCIAS**

- **COMISIÓN DE "COMPROMISO DE PROGRESO" DE FEIQUE**
- **GRUPOS DE TRABAJOS DE CÓDIGOS**
- **RELACIONES DIRECTAS ENTRE LAS EMPRESAS, POR RAMAS O UBICACIÓN**

## **AUTOEVALUACIÓN Y VERIFICACIÓN**

- **LA AUTOEVALUACIÓN ES NECESARIA PARA COMPROBAR LOS PROGRESOS Y CARENCIAS**
- **LA VERIFICACIÓN EXTERNA ES FUNDAMENTAL PARA LA CREDIBILIDAD**

## CONCLUSIONES

### LA QUÍMICA OPERA A ESCALA HUMANA

- **LA QUÍMICA, ENTRE TODAS LAS CIENCIAS, ES LA QUE SE PUEDE APLICAR CON MAYOR INTENSIDAD A RESOLVER PROBLEMAS A ESCALA HUMANA**
  - SI USTED QUIERE ESCINDIR ÁTOMOS, DIRÍGASE A LA FÍSICA
  - SI QUERE DESCUBRIR AGUJEROS NEGROS DIRÍGASE A LA ASTRONOMÍA
- **PERO:**
  - SI SU NIÑO NECESITA ZAPATOS LO QUE NECESITA ES LA QUÍMICA
- **LA QUÍMICA NO SÓLO DESCUBRE NUEVOS PRODUCTOS, SINO QUE INTENTA SABER POR QUÉ Y PARA QUÉ PUEDEN SER ÚTILES AL HOMBRE Y CÓMO PUEDE MEJORARLOS Y CONTROLARLOS**

## **LA QUÍMICA PUEDE INVENTAR POR ENCARGO**

### **LA INVESTIGACIÓN QUÍMICA OPERA EN DOS NIVELES:**

- **EL DE LOS DESCUBRIMIENTOS CIENTÍFICOS BÁSICOS, QUE A MENUDO NO TIENEN APLICACIÓN INMEDIATA**
- **EL DE LOS PRODUCTOS PARA SATISFACER UNA NECESIDAD PARA LA QUE LA INDUSTRIA QUÍMICA PUEDE ORIENTAR SUS OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN Y ENCONTRAR UNA SOLUCIÓN**

## **LA QUÍMICA ES UNA CIENCIA VERSÁTIL QUE SE RENUOVA A SÍ MISMA**

- **ESTABLECIDA SÓLIDAMENTE EN EUROPA DESDE HACE MÁS DE 200 AÑOS, LA QUÍMICA SIGUE ENCONTRANDO NUEVOS CAMINOS DE PROVECHOSO DESARROLLO. DESDE LOS MATERIALES BÁSICOS, COMO EL VIDRIO O EL JABÓN, SE HA MOVIDO HASTA LA BIOTECNOLOGÍA Y LA INGENIERÍA GENÉTICA**
- **CASI DE LA NOCHE A LA MAÑANA SE HA CONSTITUÍDO EN EL CORAZÓN DE UNA VERDADERA Y PROFUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL**
- **LA INDUSTRIA QUÍMICA HA PASADO DE SER UNA INDUSTRIA "DE CHIMENEAS" A SER UNA INDUSTRIA DE ALTA TECNOLOGÍA QUE SE ENCUENTRA A LA VANGUARDIA DEL CAMBIO**

## **LA QUIMICA ES LA CIENCIA DEL SIGLO XXI ... Y HABRÁ QUE DIRIGIRSE A ELLA PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS QUE NOS ACUCIAN**

- **DURANTE LOS PRÓXIMOS 30 AÑOS LA POBLACIÓN MUNDIAL AUMENTARÁ EN 3.000 MILLONES DE PERSONAS QUE NECESITARÁN ALIMENTO, VESTIDO, VIVIENDAS, PROTEGER SU SALUD Y VIVIR EN UN MEDIO AMBIENTE ACOGEDOR**
- **HOY:**
  - **1.250 MILLONES DE PERSONAS CARECEN DE VIVIENDAS ADECUADAS**
  - **1.700 MILLONES NO DISPONEN DE SISTEMAS DE SANEAMIENTO**
  - **2.100 MILLONES CARECEN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**
  - **UNA GRAN PARTE DE LA HUMANIDAD NO ESTÁ SUFICIENTEMENTE NUTRIDA Y SU ESPERANZA DE VIDA SE ENCUENTRA ENTRE LOS 40 - 50 AÑOS (75 AÑOS EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS)**
- **PARA SUPERAR ESTAS CARENCIAS SERÁ IMPRESCINDIBLE LA CONTRIBUCIÓN DE LA INDUSTRIA QUÍMICA**

**TODO LO EXPUESTO PODRÍA  
CONSIDERARSE COMO UNA  
EXAGERACIÓN, SI NO FUERA  
PORQUE AL FIN Y AL CABO...**

**LOS ÁTOMOS Y LAS MOLÉCULAS SON  
LO ÚNICO QUE TIENEN LA  
NATURALEZA Y EL HOMBRE PARA  
HACER COSAS**

**...Y LA QUÍMICA ES PRECISAMENTE LA  
CIENCIA QUE SE OCUPA DE SU ESTUDIO Y  
APLICACIONES**



# FUTUROS INTERROGANTES DE LA QUÍMICA

Ernesto Castañeda Martín.

Catedrático de Ingeniería Química. ETSI de Telecomunicaciones  
Universidad Politécnica de Madrid

## INTRODUCCIÓN

¿Hacia donde camina la Química? ¿Qué le falta por descubrir? Contestar estas preguntas y otras parecidas entraña un notable riesgo, pues tal y como afirma el Prof. Day *“unas de las glorias, (y frustraciones tal vez), de la Química es que resulta tan difícil predecir su futuro como racionalizar muchos de los fenómenos complejos que constituyen su materia”*. No obstante, y aún a sabiendas de este riesgo, sí se detectan ciertas tendencias que parecen marcar los campos futuros de actividad de esta ciencia.

Lo que sí está claro es que los próximos desarrollos e investigaciones en materia de ciencia y tecnología van a requerir el trabajo mancomunado de profesionales de diferentes áreas del conocimiento, pues sólo así, será factible el avance adecuado en campos intrínsecamente tan complejos.

Para centrar el tema y evitar la dispersión entre las múltiples secciones en las que puede incidir la actividad química, se van a considerar las grandes áreas que afectan a los seres humanos, a su quehacer y a su entorno, pues no debe olvidarse que la ciencia y la técnica deben estar al servicio del hombre.

## MATERIA Y MATERIALES

Para pretender entender el origen de la materia es necesario, explicar no sólo por qué las partículas están formadas por hadrones y

leptones, (quarks y electrones), sino también por qué poseen las propiedades que las observaciones les atribuyen.

A este respecto, la controversia más seria se centra en la relación entre los fenómenos a escala atómica, (materia de estudio de la mecánica cuántica), y el mundo en el que vivimos. A priori, no debería ser difícil combinar las descripciones cuánticas de los átomos para encontrar sus equivalentes en las moléculas, campo en el que precisamente la mecánica cuántica ha tenido sus mayores éxitos. Entonces, ¿por qué no elaborar una descripción cuántica de la tierra, o incluso del Universo?

El gran obstáculo no resuelto por la Física y la Química es reconciliar la teoría gravitatoria de Einstein con la mecánica cuántica. Muchos de los investigadores en este campo están convencidos de que la reconciliación se conseguirá finalmente, gracias al modelo que presenta las partículas como “*minúsculas cuerdas*” o membranas vibratorias. Al ser sometidas a tensión, estas cuerdas vibran en frecuencias predeterminadas. Dado que cada cuerda es un sistema cuántico, la energía vibratoria se emite en cuantos y cada cuanto vibratorio corresponde a una masa. Esta descripción de las partículas como cuerdas exige que exista una fuerza gravitatoria entre todas las partículas. De ahí su carácter reconciliador.

La cuestión obvia que se plantea es si las cuerdas se deben considerar como partes de la estructura del espacio vacío, o como estructuras superpuestas a él, lo que llevaría a dotar al espacio-tiempo de una estructura en contraste con la estructura del espacio actualmente aceptado. Con este avance se podrían explicar de manera natural las propiedades intrínsecas de las partículas elementales de la materia, como la cantidad fija de movimiento angular o espín. En principio, no hay razón para que el espacio no posea una estructura. Ahora bien, ¿cómo será? Su descubrimiento, por supuesto, sería trascendental.

Que duda cabe de que el conocimiento íntimo de la materia supondría la auténtica revolución en el campo de los materiales, con la posibilidad derivada de preparar “materiales a la carta”, en función de las necesidades de aplicación.

Y mientras esto llega, ¿qué camino está adoptando la Química en el campo de la investigación sobre materiales?

Uno de los más destacados es el diseño y síntesis de nuevos catalizadores que permitan controlar la forma y el tamaño de las moléculas, pasando del ámbito de la química molecular al de la “hipermolecular”, es decir, a la química de las asociaciones moleculares.

La química hipermolecular se interesa por las interacciones débiles entre las moléculas, (enlaces de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals, etc), que conducen a agregados moleculares que adoptan formas específicas, tratando de entender estas interacciones relacionadas con los campos de la Biología y la Ciencia de Materiales.

La autoorganización de las moléculas en conjuntos hipermoleculares, se basa en fenómenos de reconocimiento molecular y está relacionada con los procesos de replicación que ocurren en los seres vivos. El conocimiento de cómo se produce la replicación dentro del proceso de formación de conjuntos hipermoleculares, arrojará luz sobre los orígenes de la vida y ejercerá una gran influencia sobre varios campos de la Química, entre ellos en la estructuración de materiales que *posean a la vez una estructura y una función*.

Otro de los grandes caminos emprendidos es el impulso de la “nanotecnología”, la cual requiere “construir” materiales sólidos que tengan notables propiedades electrónicas, ópticas y magnéticas. Por ello, será preciso disponer de nuevas tecnologías de procesos que combinen la automatización con la limpieza, generando productos dotados de una elevada pureza y una excepcional precisión, clave para el desarrollo de las tecnologías de la información.

Por último, citar el campo de los llamados “*materiales compuestos*” (composites), en el que nuestros conocimientos actuales, a pesar de sus múltiples aplicaciones, son tan escasos que tienen abierto ante sí todo tipo de posibilidades de investigación y desarrollo.

## CIENCIAS DE LA VIDA

A nadie se le escapa la importancia que la Química en general, y la Química Biológica en particular, tienen y tendrán en el desarrollo de la Ciencias de la Vida.

En este sentido, el descubrimiento de la estructura del ADN por Watson y Crick marcó un antes y un después. Las consecuencias prácticas, (e intelectuales), de esta estructura del ADN han supuesto algo sin precedentes en la historia de la ciencia, pues no sólo explica el mecanismo de la herencia y el origen de la evolución darwiniana, sino que además, permite responder a cualquier pregunta sobre el mecanismo de la vida: los genes de los seres vivos se encargan de que los organismos sobrevivan minuto a minuto y de que se perpetúen de generación en generación.

Cada filamento de una doble hélice de ADN está construido con unidades químicas llamadas nucleótidos, unidas químicamente en forma de cadena. Cada nucleótido es una molécula compuesta de un grupo fosfato, desoxirribosa y un componente distintivo, la base de tipo purínico o pirimidínico.

En el ADN natural sólo existen 4 bases, 2 purínicas- adenina (A) y guanina (G)- y dos pirimidínicas- timina (T) y citosina (C)-. Los genes, y en realidad los cromosomas enteros, consisten en dos moléculas contiguas y complementarias de ADN, que se mantienen unidas en una hélice dextrógira por la unión de las bases a través de puentes de hidrógeno. En una de estas moléculas dobles, la adenina de un filamento se empareja siempre con la timina del otro y la guanina con la citosina, con lo cual, dado que la adenina y la guanina son más grandes que las otras, se asegura que la doble hélice resultante sea genéticamente *regular*, debido a que el extremo de una molécula de nucleótido, (grupo fosfato), forma enlaces químicos con un grupo intermedio del siguiente, (desoxirribosa). En una molécula doble de ADN, los dos filamentos tienen direcciones opuestas. Esta direccionalidad define la dirección en la que se procesan los genes, como ocurre cuando una parte de la molécula de ADN se transcribe a una molécula de ARN que contiene la misma información genética. Pero la posición de la cabeza y la cola de las dos moléculas de

ADN permite que las mismas moléculas de enzimas, trabajando en direcciones opuestas, procesen la información genética contenida en ambos filamentos.

También las moléculas de ARN están constituidas con cuatro nucleótidos, pero en lugar de la base citosina, tiene otra base pirimidínica llamada *uracilo* y además, el azúcar del ARN es la ribosa que tiene un átomo de oxígeno más que la desoxirribosa del nucleótido del ADN. Las moléculas de ARN no son dobles, pero pueden adoptar formas características formando puentes de hidrógeno internos. En todas las células modernas, las moléculas de ARN sirven como intermediarios en la transferencia de información genética entre el ADN y el aparato químico, (los *ribosomas*, formados principalmente por ARN), en el que se montan las proteínas empalmado aminoácidos. La información genética contenida en la secuencia de bases de las cuatro unidades de ADN de un mismo gen, se transcribe primero a una molécula de ARN llamada “ARN mensajero” que tiene la misma secuencia de bases; a continuación, esta secuencia “se traduce” a la secuencia de aminoácidos de la molécula de proteína codificada. Así pues, el ARN no sólo sirve para que las células sinteticen los nucleótidos, que serán las unidades químicas del ADN a partir de los componentes de sus moléculas, sino que además forman parte primordial de los ribosomas que todas las células utilizan para construir moléculas de proteínas.

Por tanto, ya podrían resumirse los *principios básicos del funcionamiento del genoma*:

Los genes son segmentos identificables de ADN que forman parte de los cromosomas de la células. Durante la vida de una célula somática normal, los genes se pueden transcribir a moléculas de ARN que llevan la misma información genética. Algunas moléculas de ARN son funcionales por sí mismas, otras utilizan la información que contienen para dirigir la síntesis de moléculas de proteínas a su propia imagen. El resultado es que cada célula de un organismo se comporta de una manera que refleja la ordenación de las bases A, T, G y C en el ADN del núcleo.

Los genes que forman los genomas de los organismos eucariontes determinan cómo serán los individuos de la especie en

cuestión, pero los genes constituyen sólo una pequeña parte del ADN del genoma: parece que sólo el 3% del ADN humano tiene importancia funcional. Del 97% restante hay un 95% cuya función es desconocida. Es decir, los genes de los eucariontes no sólo están divididos en piezas, sino que, además, están separados unos de otros por largos segmentos de ADN aparentemente tan inútiles, que se les ha llamado “basura”.

Con todo lo visto, hay que destacar que un individuo o una persona es el producto de sus “alelos”, entendiendo por alelos las *diferentes secuencias de nucleótidos que puede presentar un mismo gen*. Así, las características de una población concreta sólo se pueden describir estadísticamente en función de la frecuencia con la que aparecen los diversos alelos. Esto ha llevado a un rapidísimo desarrollo de las técnicas que permiten identificar los alelos génicos relacionados con enfermedades hereditarias, al objeto de poder tratarlas a tiempo y evitarlas en lo posible.

Conocida la estructura y funcionamiento del genoma, podemos entender la importancia y trascendencia del muy reciente descubrimiento de la secuencia completa del genoma humano, en todos los ámbitos. Las consecuencias para la salud y el bienestar humano son inmensas. Aún no nos damos perfecta cuenta de la cantidad de nuevos medicamentos y técnicas, como la regeneración de órganos, que surgirán como fruto de estos avances. Y en todo este ámbito, la Química debe ser un eficiente colaborador de la Biología Molecular.

Ahora bien, los avances obtenidos no han representado nada más que poner nombre a las partes de los organismos vivos. El catálogo completo del genoma humano no nos dice por sí mismo cómo funciona nuestro organismo ni cómo la selección natural le hizo ser como es. Hace falta desentrañar las funciones de los 100.000 genes humanos, lo cual exigirá un esfuerzo mucho mayor que el dedicado a su identificación. Convertir el conocimiento así adquirido en medicinas útiles, será una tarea adicional.

Por otra parte, el desarrollo de la Biología Molecular ha dado origen a un nuevo tipo de “química”. En la Química tradicional, todo dependía de la fabricación de balanzas, cada vez más sensibles, para

medir pequeñísimas cantidades de materiales y determinar cuántos átomos de cada clase había en las moléculas. En la actualidad, los tamaños de las moléculas se calculan directamente, y con razonable precisión, a partir de su velocidad de migración en películas gelatinosas preparadas al efecto, bajo la influencia de campos eléctricos, aprovechando que la difusión de los compuestos con moléculas más pequeñas es más rápida. Es la técnica de la *electroforesis*, que se basa en dos aspectos: la carga eléctrica de las moléculas de proteínas y ADN, que permite que los voltajes eléctricos influyan en su movimiento y la preparación de polímeros especiales cuya estructura molecular se distingue claramente de otras moléculas biológicas.

La sensibilidad de esta técnica supera ampliamente la de las anteriores y permite manipular fácilmente millonésimas de gramo de moléculas biológicas complejas, y de muestras tan minúsculas se extraen detalles sobre su construcción a base de unidades químicas más simples.

Inicialmente, el objetivo de la nueva industria engendrada por estas técnicas, la *biotecnología*, era manipular células para que fabricaran proteínas utilizables como medicamentos. Desde entonces, el planteamiento se ha ampliado y ya existen empresas dedicadas a provocar cambios en las propiedades de las células mismas, para luego introducirlas en los seres vivos con el fin de corregir deficiencias hereditarias de funcionamiento o de mejorar el funcionamiento natural, en particular para crear plantas y animales con nuevas y más ventajosas estructuras genéticas. También se habla de manipular genéticamente embriones de mamíferos para que segreguen en su leche productos bioquímicos humanos que sirvan, además, para la obtención de medicinas. Ahora bien, lo único que se puede decir con seguridad de la biotecnología es que aún está en su infancia.

## ENERGÍA Y COMBUSTIBLES

Tras el fracaso de la fisión nuclear como sistema de *producción intensiva de energía*, dados los numerosos y graves problemas de contaminación radiactiva que plantea, se pasó a la búsqueda de otros sistemas limpios, para lo cual se adoptaron dos vías: el empleo de las

llamadas “energías alternativas” y la producción de energía por medio de la fusión nuclear.

Las energías alternativas no parece, incluso en las previsiones más optimistas, que puedan aportar más allá del 10% del actual consumo energético, por lo que su validez para la producción intensiva de energía está desechada, si bien no se descarta su utilidad y conveniencia para situaciones concretas. Nos queda, por tanto, la fusión nuclear como único camino, hoy por hoy, con posibilidades.

La fusión nuclear se basa en fusionar isótopos de hidrógeno (deuterio y tritio), generándose helio, proceso que va acompañado de la liberación de grandes cantidades de energía, claramente superiores a las de la fisión nuclear. Además, el proceso es limpio, no produciéndose residuos radiactivos. Por otra parte, las materias primas son abundantes y están al alcance de todos los países. Sin embargo, su gran problema son las altas temperaturas, (en torno a los  $10^8\text{°C}$ ), necesarios para iniciar el proceso. De los diferentes procedimientos estudiados para conseguir estas condiciones, parece que los que mejores y más prometedores resultados ofrecen son los sistemas de “confinamiento magnético”, conseguido mediante el empleo de bobinas de imanes superconductores generadores de intensos campos magnéticos. Sobre esta base, investigadores ingleses consiguieron hace poco más de dos años, dentro de un programa de la Unión Europea, el llamado *estado pila Daniell*, es decir, producir la misma cantidad de energía que la empleada en el proceso. Esto significaría el punto de arranque para una, relativamente pronta, utilización práctica del proceso.

¿Y qué puede hacer aquí la Química? En primer lugar, conseguir materiales superconductores, (tipo II), con mejores prestaciones que los actuales, principalmente con una temperatura de trabajo más alta. Para ello, será necesario disponer de una teoría que explique claramente las características del estado superconductor, es decir, una “*Teoría de la Superconductividad*”, hoy por hoy inexistente, evitándose así el empirismo que acompaña a las investigaciones actuales en curso.

El trabajo en unas condiciones tan exigentes como las planteadas requerirá, asimismo, disponer de los materiales adecuados, no sólo para el reactor sino para toda la instalación general.

Finalmente, no deben olvidarse los aspectos relacionados con la radiación láser y la consecución de láseres más eficaces que los disponibles en la actualidad.

Desde otra perspectiva, es necesario sustituir los combustibles fósiles que empleamos hoy en día, (petróleo, carbón, gas natural,...), por otros no carbonados, al objeto de evitar la emisión de  $\text{CO}_2$  a la atmósfera, con el subsiguiente calentamiento del planeta.

El dióxido de carbono, con el  $\text{CH}_4$  y el agua, absorben radiación infrarroja en las bandas de emisión que corresponden a la temperatura de la Tierra, mientras que son transparentes a las longitudes de onda de la luz visible que llega del Sol, dado que el tamaño y forma de las moléculas y sus frecuencias propias de vibración hacen que capturen energía en el infrarrojo. Como consecuencia, cuanto más  $\text{CO}_2$  haya en el aire más difícil será que escape la radiación infrarroja procedente de la superficie caliente de la tierra y de las capas inferiores de la atmósfera. Pero la energía que llega a la Tierra en forma de radiación visible tiene que acabar saliendo en forma de radiación infrarroja. El resultado es un aumento de la temperatura cerca de la superficie, fenómeno conocido con el nombre de “*efecto invernadero*”, ya que el  $\text{CO}_2$  viene a desempeñar el mismo papel que el cristal o el plástico de un invernadero.

La solución que se propone es el empleo de la “*celda o pila de combustible*”, que produce energía mediante la combustión de hidrógeno, liberándose agua en el proceso. Ahora bien, los problemas que entraña son variados, de ahí la necesidad de estudio y desarrollo:

- Para que el proceso sea eficaz se requiere el diseño y preparación de nuevos catalizadores apropiados.
- La manipulación masiva de hidrógeno es difícil, delicada y arriesgada.
- Hay que descomponer el agua para obtener hidrógeno, proceso que requiere cantidades notables de energía dado su carácter fuertemente endotérmico.

A este respecto, diversos autores proponen como medio, emplear la energía solar a gran escala:

Un metro cuadrado de superficie terrestre recibe, (considerando todas las pérdidas en la atmósfera, reflexiones, nubes, etc.), unos 500 W durante las horas diurnas, a razón de 8 h/día en el trópico. Si consideramos una eficacia de la energía solar de un 20%, tendremos 100 W/m<sup>2</sup>. Incluso con una pequeñísima eficiencia del 2%, tendríamos 10 W/m<sup>2</sup>. Si utilizamos una superficie de 100 Km × 100 Km, (lo que no representa más que un pequeño trozo de la España desértica), se producirían 10<sup>2</sup> gigawatios, es decir, el equivalente a 50 centrales de Almaraz.

Esta energía invertida en generar hidrógeno, sólo costaría la inversión inicial en preparación del terreno, centrales solares y gaseoductos. Produciría un desarrollo de la industria química, nuevos productos y daría trabajo a muchas personas en construcción de centrales, gaseoductos, tanques de almacenamiento, catalizadores,....

¿Un sueño? Posiblemente una realidad que reduciría drásticamente e inmediatamente la secuencia de calentamiento del planeta.

## MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

Cada vez somos más conscientes del importante deterioro que la actividad del hombre, en general, causa en el medio ambiente, deterioro proveniente de forma mayoritaria del quehacer de los países desarrollados. Dado que, como es lógico y previsible, cada vez será mayor el número de países implicados en ese quehacer y, por otra parte, resulta incongruente, además de imposible e indeseable, retornar a fases de subdesarrollo, se hace necesario buscar formas de desarrollo sostenible, capaces de aunar la conservación del medio ambiente con el progreso de la humanidad.

Decíamos que el deterioro medioambiental proviene del quehacer del hombre, en general. Sin embargo, la sociedad actual tiene la percepción de que buena parte de ese deterioro proviene de eso que despectivamente llama “química”, habiéndose convertido la palabra en sinónimo de artificial y pernicioso.

Nada más injusto y alejado de la realidad. Si bien es cierto que el sector químico produce contaminación, (como otros muchos), y en el pasado ésta era sumamente llamativa, también es cierto que en la actualidad, es uno de los sectores más rigurosos en el cumplimiento de las obligaciones de protección medioambiental y de seguridad. Basta visitar una moderna planta química para comprobar el cuidado con el que se preserva el medio ambiente, la escasa contaminación que se produce y la seguridad de las condiciones de trabajo. Pero es más, gracias a los procesos químicos adecuados, se consigue reducir drásticamente la contaminación generada por otras industrias no químicas, que, sin embargo gozan de mejor opinión.

No obstante, ¿qué puede significar la aplicación del concepto de desarrollo sostenible a la actividad química? La idea fundamental sería *dirigir la atención hacia el propio diseño del proceso* en lugar de, o además de, al tratamiento de los residuos, pues no hay residuo menos contaminante que el que no se produce. Se plantea así un nuevo reto, tanto para la industria química como para los universitarios, que supone poner en cuestión aquello que a lo largo de los años se ha considerado lo mejor e insustituible para un buen proceso químico: las fuentes de materias primas, los reactivos, los disolventes y las propias reacciones químicas. Cabe cuestionar, incluso, si los productos que llegan al mercado son los más convenientes.

La cuestión alcanza a la idoneidad de las reacciones que enseñamos en la Universidad y que son empleadas en la industria química, especialmente en la química fina y en la farmacéutica que son las dos industrias químicas más contaminantes. Muchas de estas reacciones tienen bajo rendimiento atómico y elevada cantidad de subproductos o residuos peligrosos, cuya destrucción resulta muy costosa. Así, no son raras para estos subsectores proporciones de 800 Kg. de desecho por 100 Kg. de producto, es decir, rendimientos ligeramente superiores al 10%.

Surge así la conveniencia del desarrollo de nuevos procesos, catalíticos, fotoquímicos, electroquímicos, empleo de reactivos sobre soporte sólido, utilización del agua como disolvente en reacciones orgánicas, de disolventes en condiciones supercríticas, de fuentes

renovables de materias primas,.... Además, habrá que plantearse la sustitución de toda clase de productos y materiales peligrosos, o molestos, o no reciclables por otros con mejores propiedades.

Qué duda cabe que existe cierta inercia frente al desarrollo de estos nuevos procesos, particularmente lógica en el caso de la industria química, ya que puede significar incluso el cambio de planta de producción. Esta inercia, no obstante, será superada antes o después por condicionamientos socio-económico-políticos. Cuanto antes se supere, mejor para nuestro medio ambiente y, por tanto, para el hombre. De aquí la importancia y urgencia con que los gobernantes deben, sobre todo incentivar, y después exigir, el desarrollo y aplicación de las nuevas técnicas y procesos.

## EDUCACIÓN EN QUÍMICA

El futuro desarrollo de la Química (y el de las demás ciencias) no será posible sin la presencia de unos profesionales adecuadamente preparados. No es mi intención, por no ser éste el momento ni el lugar, plantear un debate sobre los sistemas de formación de nuestros alumnos. Pero, sí creo conveniente, como colofón, recordar en voz alta alguna de las características que este proceso conlleva, máxime en un momento en el que las diferentes reformas educativas han generado tal “ruido de fondo” que pueden hacernos olvidar la idea central de nuestra tarea educativa.

El punto de arranque está en la Enseñanza Secundaria, durante la cual, deben quedar claramente asentados los fundamentos básicos de nuestra materia. Debería huirse, en la medida de lo posible, de la repetición de conceptos, curso tras curso, simplemente ampliando contenidos y desarrollos, pues da una sensación de reiteración que muchas veces provoca el desinterés del alumnado. Además, consume mucho tiempo del necesario para el desarrollo armonioso de unos programas que estuvieran debidamente planteados y estructurados.

La formación universitaria del futuro químico debe permitirle profundizar en las diferentes áreas que componen nuestra ciencia, áreas claramente interrelacionadas, huyendo de la excesiva especiali-

zación, muchas veces desintegradora, sin por ello caer en la absoluta generalización. Tampoco debería olvidarse proporcionar la formación técnica necesaria para diseñar los procesos que permitan la obtención industrial de nuevos productos.

Pensemos, además, que para obtener un título en Ciencias Químicas, es necesaria una especial capacidad para la introspección y para explorar sus fronteras intelectuales. Los jóvenes que empiezan ahora ese recorrido, necesitan algo más que la formación y la destreza que proporciona el laboratorio. Necesitan dominar las técnicas para la adquisición y procesamiento de datos, afrontar la resolución de problemas, del análisis instrumental y, cada vez más, han de aprender cuestiones de otras ciencias como la Física, la Medicina y la Biología.

De otro lado, la realización del Doctorado debe ser claramente vocacional. La formación de futuros investigadores exige unos maestros preparados, unos conocimientos adecuados y unos medios materiales suficientes. De aquí la necesidad de financiación, por supuesto pública, pero también privada, pues buena parte de estas investigaciones repercutirán en el desarrollo de la industria química.

Por último, es necesario potenciar el sistema de formación continua de los profesionales, dada la rapidez con la que se producen los avances y cambios de nuestro sector. Asimismo, debería ampliarse el programa de “movilidad de investigadores”, al objeto de establecer con éxito colaboraciones inter y multidisciplinares que contribuyan a mejorar la formación y faciliten el desarrollo de competencias científicas esenciales.

## EPÍLOGO

Terminaremos recordando nuestra formulación inicial: Esta exposición pretendía manifestar las tendencias que parecen marcar los campos de actividad futuros de la Química. Sin embargo, la propia incertidumbre del futuro nos puede y debe llevar al estudio de temas aún no considerados suficientemente o totalmente desconocidos. El propio repaso de lo que ha sucedido en la Ciencia durante este siglo,

ilustra dos importantes verdades: –La primera es que los nuevos conocimientos surgen siempre de lo que ya se conoce y, por lo general, a partir de las contradicciones que se han puesto de manifiesto. –La segunda, que aunque se puede aventurar con cierta confianza en qué campos de la ciencia se adquirirán nuevos conocimientos, es importante anticipar con exactitud la naturaleza de los descubrimientos que aumentarán nuestro conocimiento del mundo. Por ello, no se ha pretendido, en ningún momento, describir descubrimientos que aún no se han hecho, sino, más bien, indicar qué campos están maduros para el descubrimiento.

Lo que sí está claro es que todavía no se ve el final del proceso de investigación. Los problemas aún no resueltos son enormes y mantendrán ocupados a nuestros descendientes durante los siglos venideros.

## BIBLIOGRAFÍA

- MADDOX, J. *Lo que queda por descubrir*. Debate S.A. 1999.
- EMSLEY, J. *Moléculas en una exposición*. Península S.A. 2000.
- MESTRE, R. “*Hacia una química para el desarrollo sostenible.*” *Anales de Química*. Vol. 96, n° 1. 2000.
- ALLCHEME. “*Química: Europa y el futuro*”. *Anales de Química*. Vol. 95, n.º 2. 1999.
- RUIZ ELVIRA, A. “*Firma invitada*”. *Química e Industria*. Vol. 47, n° 508. 2000.
- “*Materiales estructurales y funcionales*”. *Informe de Química e Industria*. Vol. 47, n° 508. 2000.
- SUBIRANA, J.A., DE LA CRUZ, X. “*El ADN: De la química a la bioinformática*”. *Anales de Química*. Vol. 96, n° 3. 2000.



**EDICIONES DEL  
INSTITUTO SUPERIOR DE  
FORMACIÓN DEL  
PROFESORADO**

**Servicio de Publicaciones del  
Ministerio de Educación,  
Cultura y Deporte**



## EDICIONES DEL INSTITUTO SUPERIOR DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO

Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

El Instituto Superior de Formación del Profesorado tiene como objetivo impulsar, incentivar, financiar, apoyar y promover acciones formativas realizadas por las instituciones, Universidades y entidades sin ánimo de lucro, de interés para los docentes de todo el Estado Español que ejercen sus funciones en las distintas Comunidades y Ciudades Autónomas. Pero, tan importante como ello, es difundir, extender y dar a conocer, en el mayor número de foros posible, y al mayor número de profesores, el desarrollo de estas acciones. Para cumplir este objetivo, el I.S.F.P. pondrá a disposición del profesorado español, con destino a las bibliotecas de Centros y Departamentos, **dos colecciones**, divididas cada una en cuatro series.

Con estas colecciones, como acabamos de señalar, se pretende difundir los contenidos de los cursos, congresos, investigaciones y actividades que se impulsan desde el Instituto Superior de Formación del Profesorado, con el fin de que su penetración difusora en el mundo educativo llegue al máximo posible, estableciéndose así una fructífera intercomunicación dentro de todo el territorio del Estado.

La primera de nuestras colecciones se denomina **Aulas de Verano**, y pretende que todo el profesorado pueda acceder al conocimiento de las conferencias, ponencias, mesas redondas, talleres y actividades profesionales docentes que se desarrollan durante los veranos en la *Universidad Internacional Menéndez Pelayo de Santander*, en los cursos de la *Universidad Complutense en El Escorial*, en los de la *Universidad Nacional de Educación a Distancia en Ávila* y en los de la *Fundación de Universidades de Castilla y León en Segovia*. En general, esta colección pretende dar a conocer todas aquellas actividades que desarrollamos durante el período estival. Se divide en cuatro series, dedicadas las tres primeras a la Educación Secundaria (la tercera a F.P.), y la cuarta a Infantil y Primaria.

Colección **Aulas de Verano**, que se identifica con el color “bermellón Salamanca”

- Serie “Ciencias” .....Color verde
- Serie “Humanidades” .....Color azul
- Serie “Técnicas” .....Color naranja
- Serie “Principios” .....Color amarillo

La segunda colección se denomina **Conocimiento Educativo**. Con ella pretendemos tanto difundir investigaciones realizadas por el profesorado o grupos de profesores, como dar a conocer aquellas acciones educativas que desarrolla el Instituto Superior de Formación del Profesorado durante del año académico, y se divide, igualmente, en cuatro series.

La primera serie está dedicada fundamentalmente a investigación didáctica y, en particular, a las didácticas específicas de cada disciplina; la segunda serie se dirige al análisis de la situación educativa y estudios generales, siendo esta serie el lugar donde se darán a conocer nuestros Congresos EN\_CLAVE DE CALID@D; la tercera serie, “Aula Permanente”, da a conocer los distintos cursos que realizamos durante el período docente, y la cuarta serie, como su nombre indica, se dedica a estudios, siempre desde la perspectiva de la educación, sobre nuestro Patrimonio.

Colección **Conocimiento Educativo**, que se identifica con el color “amarillo oficial”

- Serie “Didáctica” .....Color azul
- Serie “Situación” .....Color verde
- Serie “Aula Permanente” .....Color rojo
- Serie “Patrimonio” .....Color violeta

Estas colecciones, como hemos señalado, tienen un carácter de difusión y extensión educativa, al servicio de la intercomunicación, como hemos dicho también, entre los docentes que desarrollan sus tareas en las distintas Comunidades Autónomas de nuestro Estado. Pero, también, se pretende con ellas establecer un vehículo del máximo rigor científico y académico en el que encuentren su lugar el trabajo, el estudio, la reflexión y la investigación de todo el profesorado español, de todos los niveles, sobre la problemática educativa.

Esta segunda función es singularmente importante, porque incentiva en los docentes el imprescindible objetivo investigador sobre la propia función, lo que constituye la única vía científica y, por tanto, con garantías de eficacia, para el más positivo desarrollo de la formación personal y los aprendizajes de calidad en los niños y los jóvenes españoles.

#### **Índices de calidad de las publicaciones:**

Todos los proyectos de publicación, en cualquiera de las dos colecciones, estarán avalados por cinco informes razonados, emitidos cada uno por un Profesor Doctor de reconocido prestigio de diferente centro, docente o de investigación, español o del extranjero. Al menos tres de los cinco informantes han de ser Catedráticos de Universidad, y al menos tres de los cinco centros han de ser españoles.

Los programas de publicación son aprobados por una comisión compuesta por el Director del Instituto Superior de Formación del Profesorado, la Directora de Programas y la Directora de Publicaciones del Instituto Superior de Formación del Profesorado y los Directores (o persona en quien deleguen) del Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y del INCE.



**NORMAS DE EDICIÓN  
DEL INSTITUTO SUPERIOR DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO:**

- Los artículos han de ser inéditos .
- Se entregarán en papel y se añadirá una copia en disquette, (en un procesador de textos tipo Word).
- El autor/es debe dar los datos personales siguientes: referencia profesional, dirección y teléfono personal y del trabajo. En caso de trabajos colectivos, se referenciarán estos datos de todos los autores.
- Debe haber, al principio de cada artículo, un recuadro con un índice de los temas que trata el mismo.
- El autor debe huir de textos corridos y utilizar con la frecuencia adecuada, epígrafes y subepígrafes que aparezcan distribuidos en el texto, al menos, en cada doble página.
- Cuando se reproduzcan textos de autores, se entrecomillarán y se pondrán en cursiva.
- Al citar un libro, siempre debe aparecer la página de la que se toma la cita, excepto si se trata de un comentario general.
- Se deben adjuntar fotografías, esquemas, trabajos de alumnos,.. que ilustren o expliquen el contenido del texto.
- Se debe adjuntar en un listado numerado correlativamente, las notas que se van a poner a pie de página, según las referencias incluidas en el texto.
- Al final de cada artículo, adjuntará la lista de la bibliografía utilizada.
- La bibliografía debe ser citada de la siguiente manera: apellidos/s (con mayúsculas), coma; nombre según aparezca en el libro (en letra corriente), punto; título del libro en cursiva, punto; editorial, punto; ciudad de edición, coma y fecha de publicación, punto. Así se realizarán también las citas a pie de página.

**CENTRAL DE EDICIONES DEL INSTITUTO  
DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO**

• **Dirección y coordinación (I.S.F.P.):**

Paseo del Prado, 28, 6ª planta. 28014. Madrid. Teléfono: 91 506 56 44

Servicio de Publicaciones del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Teléfono: 91 453 98 16

• **Inscripción y distribución:**

Instituto de Técnicas Educativas. C/ Alalpardo, s/n. 28806. Alcalá de Henares.

Teléfono: 91 889 18 50



## TÍTULOS EDITADOS POR EL INSTITUTO SUPERIOR DE FORMACIÓN DEL PROFESORADO EN EL AÑO 2001

	<u>COLECCIÓN</u>	<u>SERIE</u>
– <i>La Educación Artística, clave para el desarrollo de la creatividad</i> .....	AULAS DE VERANO	Principios
– <i>La experimentación en la enseñanza de las Ciencias</i> .....	AULAS DE VERANO	Principios
– <i>Metodología en la enseñanza del Inglés</i> .....	AULAS DE VERANO	Principios
– <i>Destrezas comunicativas en la Lengua Española</i> .....	AULAS DE VERANO	Principios
– <i>Dificultades del aprendizaje de las matemáticas</i> .....	AULAS DE VERANO	Principios
– <i>La Geografía y la Historia, elementos del Medio</i> .....	AULAS DE VERANO	Principios
– <i>La enseñanza de las Matemáticas a debate: referentes europeos</i> .....	AULAS DE VERANO	Ciencias
– <i>El lenguaje de las Matemáticas en sus aplicaciones</i> ..	AULAS DE VERANO	Ciencias
– <i>La iconografía en la enseñanza de la Historia del Arte</i> .....	AULAS DE VERANO	Humanidades
– <i>Grandes avances de la Ciencia y la Tecnología</i> .....	AULAS DE VERANO	Técnicas
– <i>En _CLAVE DE <u>CALID@D</u>: la Dirección escolar</i> .....	CONOCIMIENTO EDUCATIVO	Situación

### Títulos en preparación:

– <i>Educación Intercultural en el aula de Ciencias Sociales</i> .....	CONOCIMIENTO EDUCATIVO	Didáctica
– <i>Felipe V y el Palacio Real de La Granja</i> .....	CONOCIMIENTO EDUCATIVO	Patrimonio
– <i>Didáctica de la poesía en la Educación Secundaria</i> ...	CONOCIMIENTO EDUCATIVO	Didáctica



El presente volumen tiene su origen  
en el CURSO DE FORMACIÓN PARA EL PROFESORADO  
DE ENSEÑANZA SECUNDARIA: “Grandes avances de la Ciencia  
y la Tecnología,” que se celebró en la Universidad Internacional Menéndez  
Pelayo de Santander, en el verano de 2000





ISBN 84-369-3536-5



9 788436 935363

La primera de nuestras colecciones se denomina **Aulas de Verano**, y pretende que todo el profesorado pueda acceder al conocimiento de las conferencias, ponencias, mesas redondas, talleres y actividades profesionales docentes que se desarrollan durante los veranos en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo de Santander, en los cursos de la Universidad Complutense en El Escorial, en los de la Universidad Nacional de Educación a Distancia en Ávila y en los de la Fundación de Universidades de Castilla y León en Segovia.

Colección **Aulas de Verano**, que se identifica con el color "bermellón Salamanca"

- |                       |                |
|-----------------------|----------------|
| • Serie "Ciencias"    | Color verde    |
| • Serie "Humanidades" | Color azul     |
| • Serie "Técnicas"    | Color naranja  |
| • Serie "Principios"  | Color amarillo |

La segunda colección se denomina **Conocimiento Educativo**. Con ella pretendemos tanto difundir investigaciones realizadas por el profesorado o grupos de profesores, como dar a conocer aquellas acciones educativas que desarrolla el Instituto Superior de Formación del Profesorado durante del año académico.

Colección **Conocimiento Educativo**, que se identifica con el color "amarillo oficial"

- |                           |               |
|---------------------------|---------------|
| • Serie "Didáctica"       | Color azul    |
| • Serie "Situación"       | Color verde   |
| • Serie "Aula Permanente" | Color rojo    |
| • Serie "Patrimonio"      | Color violeta |

Estas colecciones, como hemos señalado, tienen un carácter de difusión y extensión educativa, al servicio de la intercomunicación, como hemos dicho también, entre los docentes que desarrollan sus tareas en las distintas Comunidades y Ciudades Autónomas de nuestro Estado.



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CULTURA Y DEPORTE