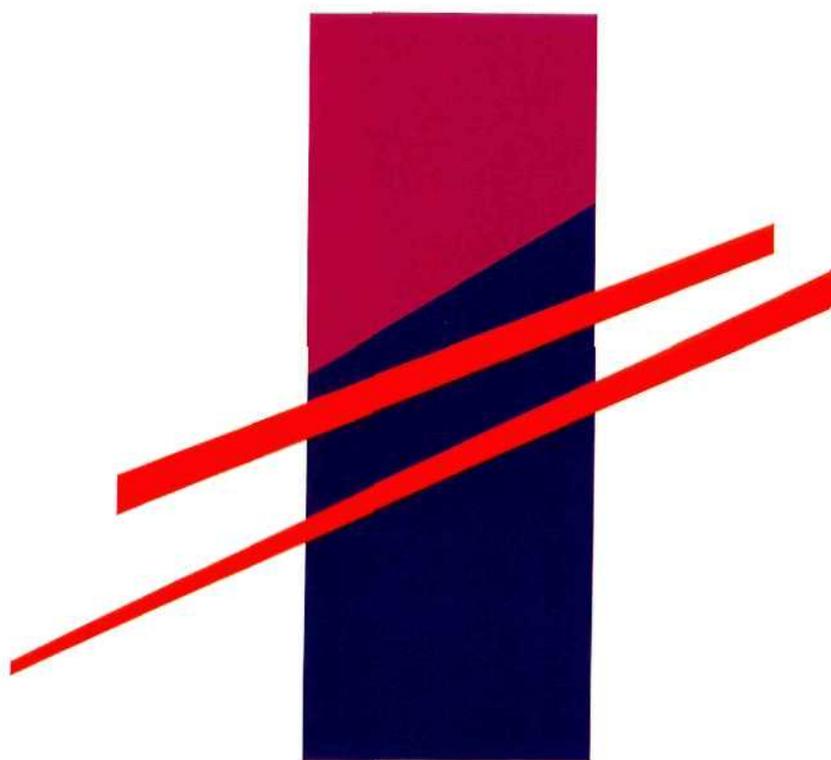


2

Materiales Didácticos
Biología y Geología



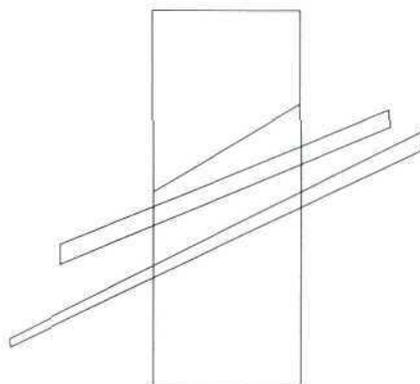
BACHILLERATO



Ministerio de Educación y Cultura

Materiales Didácticos

2



Ciencias de la Naturaleza y la Salud

Biología y Geología

Autoras:

M.^a Aránzazu Hueto Pérez de Heredia
Rosario Fernández Manzanal

Coordinación:

M.^a Jesús Martín Díaz,
del Centro de Desarrollo Curricular



Ministerio de Educación y Cultura

Coordinación de la edición:
CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR
DEPARTAMENTO DE PUBLICACIONES



Ministerio de Educación y Cultura

Secretaría General de Educación y Formación Profesional

Centro de Desarrollo Curricular

Edita: Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica

N. I. P. O.: 176-96-047-0

I. S. B. N.: 84-369-2902-0

Depósito legal: M. 24.396-1996

Impresión: **grafoset sl**

Prólogo

La finalidad de estos materiales didácticos para el Bachillerato es orientar al profesorado que empieza a impartir las nuevas enseñanzas en los centros que anticipan su implantación. Son materiales concebidos para facilitar la elaboración y el desarrollo de las programaciones correspondientes a las distintas materias. Con su publicación y distribución, el Ministerio de Educación y Ciencia pretende proporcionar a los profesores y profesoras que van a impartir el Bachillerato un instrumento que les ayude a desarrollar el nuevo currículo y a planificar su práctica docente. Para ello se ofrecen propuestas de programación y unidades didácticas que incluyen sugerencias, orientaciones y actividades que pueden ser aprovechadas de diversos modos por el profesorado, sea incorporándolas a sus propias programaciones, sea adaptándolas a las características de sus alumnos.

El desafío que para los centros educativos, y en concreto para el profesorado, supone anticipar la implantación de las nuevas enseñanzas merece no sólo un cumplido reconocimiento, sino también un apoyo decidido por parte del Ministerio que, a través de la publicación de materiales didácticos y de otras actuaciones paralelas, pretende ayudar al profesorado a desarrollar su trabajo en mejores condiciones. El Ministerio valora muy positivamente el trabajo realizado por los autores de estos materiales, que se adaptan a un esquema general propuesto por el Servicio de Educación Secundaria del Centro de Desarrollo Curricular y han sido elaborados en estrecha colaboración con los asesores de este Servicio. El Ministerio considera que son ejemplos válidos de programación y de unidades didácticas para las correspondientes materias. No obstante, son los propios profesores a los que van dirigidos estos materiales los que tienen la última palabra acerca de su utilidad, en la medida en que les resulten una ayuda eficaz para desarrollar su trabajo.

En cualquier caso, conviene poner de manifiesto que se trata de materiales con cierto carácter experimental, destinados a ser contrastados en la práctica, adaptados y completados.

Se trata, por tanto, de materiales para un momento de transición y, en ese sentido, de mayor complejidad. Por todo ello, las sugerencias o contrapropuestas que los profesores realicen, a partir de su práctica docente, respecto a éstos u otros materiales, serán de enorme utilidad para mejorar o completar futuras ediciones y para proporcionar, por tanto, unos materiales didácticos de mayor calidad a los centros y profesores que en cursos sucesivos se incorporen a la reforma educativa.

El Real Decreto 1179/1992, de 2 de octubre, por el que se establece el currículo de Bachillerato, contiene en su anexo la información referida a esta materia que aparece, igualmente, al término del presente volumen.

Índice

	<u>Páginas</u>
I. INTRODUCCIÓN	7
II. ORIENTACIONES DIDÁCTICAS Y PARA LA EVALUACIÓN.....	11
El aprendizaje de la ciencia	11
• Aprender ciencia. ¿Cómo ayudar a los alumnos a construir conceptos científicos?.....	11
• Hacer ciencia. ¿Cómo familiarizar a los alumnos con los procedimientos científicos?.....	16
• Aprender sobre la ciencia. ¿Cómo aproximar a los alumnos al conocimiento de la naturaleza de la ciencia?	19
Actividades de enseñanza y aprendizaje.....	20
• Tipos de actividades	20
• Análisis de algunas actividades	25
Organización de la clase.....	27
La evaluación	28
• Evaluación de los alumnos	29
III. PROGRAMACIÓN.....	31
Posible organización y secuencia de los contenidos	31
Desarrollo de una programación.....	34
IV. DESARROLLO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA. LA HERENCIA: UN ENFOQUE MENDELIANO.....	57
Guía del profesor	57
• Objetivos didácticos	57
• Contenidos	58
• Esquema de la Unidad didáctica.....	58
• Comentario a las actividades	59

• Criterios de evaluación.....	63
• Actividades de evaluación.....	64
— Actividades de evaluación del aprendizaje.....	64
— Actividades para evaluar el desarrollo de la Unidad didáctica.....	65
Material para el alumno.....	66
• ¿Por qué los hijos se parecen a los padres?.....	66
• Aportaciones de Mendel al estudio de la herencia.....	67
• ¿Dónde se localizan los genes?.....	71
• ¿Qué determina tu grupo sanguíneo?.....	72
• Niño o niña: ¿qué es lo que lo decide?.....	73
• Investigación sobre la herencia.....	75
• ¿Cómo se producen las variaciones?.....	75
V. BIBLIOGRAFÍA.....	79
Bibliografía citada en el texto.....	79
Bibliografía comentada.....	83
Vídeos.....	84
ANEXO 1: EJEMPLOS DE ACTIVIDADES DE LAS PRUEBAS ESCRITAS DE EVALUACIÓN.....	87
ANEXO 2: CURRÍCULO OFICIAL.....	97

I. Introducción

En la exposición que sigue se presenta un análisis de las características de la programación de la asignatura Biología y Geología de primer curso de Bachillerato, de la modalidad de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud. Nuestro objetivo ha sido plasmar en el espacio de que disponemos (sin que deba entenderse como excusa ante las posibles deficiencias) algunas líneas de investigación en didáctica de las ciencias, con el fin de que puedan orientar a los profesores de esta materia a la hora de secuenciar los contenidos y de planificar su práctica. Esperamos, además, que este análisis ayude a comprender la selección de las actividades programadas para cada uno de los temas que, como se podrá comprobar, pretenden avanzar en las propuestas de la Educación Secundaria Obligatoria, haciendo hincapié en los procesos del conocimiento científico y en sus aplicaciones.

Como se muestra en el Real Decreto 1179/1992 por el que se establece el currículo de Bachillerato (B.O.E. de 29 de enero de 1992) (véase Anexo II), las finalidades de la enseñanza de la Biología y la Geología como materia específica del primer curso del Bachillerato de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud son esencialmente dos: contribuir al desarrollo de las capacidades señaladas en los objetivos de esta etapa y aportar a los alumnos una base sólida para futuros estudios universitarios o profesionales. Por otro lado, en los objetivos de esta materia, que recogemos en la *Tabla I*, se remarcan aspectos relacionados con algunos contenidos científicos de la Biología y la Geología pero también con los procedimientos del trabajo característico de la materia y con las aplicaciones de dichos conocimientos en nuestra vida.

Si examinamos estos objetivos generales, podemos apreciar que el desarrollo de esta asignatura ha de contribuir a que los alumnos adquieran capacidades relacionadas, tanto con la adquisición de los conocimientos científicos como con la comprensión de la naturaleza de la ciencia y la utilización de algunas de las estrategias características de la investigación científica.

1. Comprender los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la Biología y la Geología, que les permitan tener una visión global y una formación científica básica para desarrollar estudios posteriores más específicos.
2. Aplicar los conceptos, leyes, teorías y modelos aprendidos a situaciones reales y cotidianas.
3. Analizar críticamente hipótesis y teorías contrapuestas que permitan desarrollar el pensamiento crítico y valorar sus aportaciones al desarrollo de la Biología y la Geología.
4. Utilizar con cierta autonomía destrezas investigativas, tanto documentales como experimentales (plantear problemas, formular hipótesis, realizar experiencias, etc.), reconociendo el carácter de la ciencia como proceso cambiante y dinámico.
5. Desarrollar actitudes que suelen asociarse al trabajo científico tales como la búsqueda de información exhaustiva, la capacidad crítica, la necesidad de verificación de hechos, el cuestionamiento de lo obvio y la apertura ante nuevas ideas.

6. Integrar la dimensión social y tecnológica de la Biología y la Geología, interesándose por las realizaciones científicas y tecnológicas y comprendiendo los problemas que su evolución plantea a la Naturaleza, al ser humano, a la sociedad y a la comunidad internacional.
7. Comprender el sentido de las teorías y modelos biológicos y geológicos como una explicación de los fenómenos naturales, valorando su aportación al desarrollo de estas disciplinas.
8. Explicar expresiones «científicas» del lenguaje cotidiano según los conocimientos biológicos y geológicos adquiridos, relacionando la experiencia diaria con la científica.

Tabla I. Objetivos Generales de Biología y Geología del primer curso de Bachillerato .

Estas finalidades nos llevan a destacar, siguiendo a Hodson (1994), que la educación en estas materias muestra tres aspectos o componentes principales:

- **Aprender ciencia:** adquirir conocimientos científicos y familiaridad con alguna de las principales teorías científicas (objetivos 1, 2, 7 y 8).
- **Aprender sobre la ciencia:** comprender la naturaleza de la ciencia y la práctica científica, aprender las relaciones complejas entre ciencia, tecnología y sociedad (objetivos 3, 4, 6, 7 y 8).
- **Hacer ciencia:** adquirir los conocimientos y capacidades necesarios para llevar a cabo una investigación, libremente o de forma guiada (objetivos 4 y 5).

En coherencia con los objetivos, los tres componentes de la educación científica aparecen reflejados en los bloques de contenidos del currículo que a continuación se citan. Los contenidos relacionados con **Hacer ciencia** y **Aprender sobre la ciencia** aparecen en los siguientes bloques:

Aproximación al trabajo científico

- *Procedimientos y actitudes que constituyen la base del trabajo científico: planteamiento de problemas, formulación y contrastación de hipótesis, diseño y desarrollo de experimentos, interpretación de resultados, comunicación científica, utilización de fuentes de información.*
- *Importancia de las teorías y modelos dentro de los cuales se lleva a cabo la investigación.*
- *Actitudes en el trabajo científico: cuestionamiento de lo obvio, necesidad de comprobación, de rigor y de precisión, apertura ante nuevas ideas.*
- *Hábitos de trabajo e indagación intelectual.*

Ciencia, tecnología y sociedad

- *Análisis de la naturaleza de la ciencia: sus logros y limitaciones, su carácter tentativo y de continua búsqueda, su evolución, la interpretación de la realidad a través de modelos.*
- *Relaciones de la ciencia con la tecnología y las implicaciones de ambas en la sociedad: consecuencias en las condiciones de la vida humana y en el medio ambiente. Valoración crítica.*
- *Influencias mutuas entre la sociedad, la ciencia y la tecnología. Valoración crítica.*

Origen y evolución de los seres vivos

- *Distintas concepciones sobre el origen de la vida. Explicaciones científicas actuales. La teoría de la evolución. Teorías evolutivas actuales.*

- *Las teorías preevolucionistas y evolucionistas. Algunas características de la polémica y la influencia de factores extracientíficos.*

La perpetuación de la vida

- *Intervención humana en la reproducción: repercusiones sociales y económicas e implicaciones éticas.*

El resto de los contenidos del currículo oficial hace referencia a lo que hemos denominado **Aprender ciencia** (véase Anexo II).

También para los **criterios de evaluación** se puede hacer referencia a estos tres aspectos del conocimiento científico que pasamos a especificar.

• **Aprender ciencia**

- *Aplicar las principales teorías sobre el origen y evolución de la Tierra para explicar las características geológicas de la misma.*
- *Aplicar la teoría de la tectónica global a diversas situaciones, siendo consciente de su valor como teoría de síntesis de amplio poder explicativo, aunque conociendo sus limitaciones y su campo de aplicación.*
- *Comparar las diferentes teorías sobre el origen de la vida, aportando datos sobre las consideraciones que se tienen actualmente del problema.*
- *Aplicar los mecanismos de transmisión de los caracteres hereditarios, según las hipótesis mendelianas y la teoría cromosómica de la herencia, a la interpretación y resolución de problemas relacionados con la herencia.*
- *Indicar las ventajas que aporta la reproducción sexual sobre la asexual, determinando algunas aplicaciones prácticas derivadas del conocimiento del proceso reproductor en los seres vivos.*
- *Explicar los mecanismos básicos que inciden en el proceso de la ingestión y digestión de los alimentos, en su asimilación, distribución y producción de desechos, relacionando dichos procesos con la presencia de determinadas estructuras que los hacen posibles.*
- *Explicar el mantenimiento de las constantes vitales de los organismos a partir de la comprensión del proceso de coordinación neuroendocrina, indicando asimismo algunas aplicaciones derivadas del conocimiento de las hormonas.*

• **Hacer ciencia**

- *Diseñar y realizar pequeñas investigaciones sobre las funciones de los seres vivos, contemplando algunos procedimientos del trabajo científico: planteamiento preciso del problema, formulación de hipótesis contrastables, diseño y realización de experiencias, y análisis y comunicación de resultados.*
- *Aplicar las estrategias propias del trabajo científico para la resolución de problemas relativos a la estructura y composición de la Tierra.*

• **Aprender sobre la ciencia**

- *Explicar el carácter provisional de las explicaciones científicas a partir del análisis de las distintas concepciones que han existido sobre los problemas del origen de la vida y de la Tierra, indicando el peso de las razones extracientíficas en el mantenimiento de algunas de estas concepciones.*

- *Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas biológicos y geológicos relevantes en la sociedad.*
- *Comparar las diferentes teorías sobre el origen de la vida, aportando datos sobre las consideraciones que se tienen actualmente del problema.*

Quede claro de antemano que los bloques de contenido enunciados no tienen que corresponderse con temas, o unidades, que lleven dichos títulos ni que se presenten en este número u orden.

II. Orientaciones didácticas y para la evaluación

Aprender ciencia. ¿Cómo ayudar a los alumnos a construir conceptos científicos?

El aprendizaje de la ciencia

Una de las finalidades de la enseñanza de la Biología y Geología es ayudar a los alumnos a construir los conceptos científicos que les permitan explicar el mundo que los rodea.

Al programar la enseñanza de los hechos, conceptos, leyes, teorías y modelos de la Biología y Geología deberemos tener en cuenta, como ya hemos indicado en otras ocasiones (Caamaño y Hueto, 1992; Hueto, 1992), **aspectos de tipo psicológico** (nivel de desarrollo de los alumnos, dificultad de los conceptos, motivación, etc.); **aspectos de tipo disciplinar** (coherencia con la lógica de las disciplinas, articulación lógica de los conceptos tal como se nos presentan en la actualidad, y también tal como han evolucionado a lo largo de la historia) y **aspectos de tipo sociológico** (temas relevantes para la sociedad). Analizamos, a continuación, algunos aspectos.

Los enfoques cognitivistas constituyen hoy día el marco de referencia psicológico en el que se encuadra gran parte de las modernas corrientes educativas (Jiménez, 1989), que se apoyan fundamentalmente en la **epistemología genética de Piaget**. Esta teoría supone la existencia de distintos esquemas mentales asociados al desarrollo cognitivo de las personas. Basándose en ella, Shayer y Adey (1986) analizaron las características de la población escolar comprendida entre 11 y 16 años de Inglaterra y Gales, definieron las demandas cognitivas de determinados conceptos de Física, Química y Biología y llegaron a secuenciar dichos conceptos según los estadios evolutivos. Con este trabajo, ya clásico, los autores concluyeron que la gran mayoría de los estudiantes menores de 15 años no ha accedido totalmente al estadio de las operaciones formales y, por tanto, no pueden responder a procesos cognitivos que requieran el manejo de las funciones propias del nivel formal. Tales resultados llevaron a Shayer y Adey a definir una jerarquía de niveles de comprensión conceptual que puede servir de referencia para la asimilación de determinados materiales de enseñanza. Para estos autores, en el momento de plantearse el análisis comentado, los contenidos que se enseñaran deberían responder al nivel de desarrollo de los alumnos.

También los estudios realizados en nuestro país para determinar el nivel cognitivo de los estudiantes (López Rupérez y otros, 1986) concluyeron que a los 16 años sólo una tercera parte de la población podría trabajar con contenidos cuya demanda cognitiva se situara en el nivel formal. En correspondencia con esta corriente la selección de materiales de estudio tendría que estar determinada por la situación que venimos comentando; esto es, para la mayoría de los estudiantes que inician el Bachillerato no se podrían exigir tareas del nivel formal avanzado.

Pero, como han mostrado estudios posteriores (Pozo, 1987), las dificultades no vendrían tanto por la falta de competencia, o desarrollo psicológico del sujeto, como por la familiarización con el trabajo propuesto, de forma que no se puede hablar del tipo de pensamiento de los sujetos al margen del

contenido de los problemas. En los últimos años, diversos investigadores, entre los que se encuentran Shayer y Adey, no sólo se han propuesto mejorar los materiales de aprendizaje para adecuarlos al nivel cognitivo de los alumnos, sino que se han planteado también la posibilidad de modificar el estadio de desarrollo empleando métodos de trabajo y estrategias de un nivel cognitivo superior al inicialmente evaluado. Gutiérrez (1987) al analizar el Proyecto C.I.B. (Ciencia Integrada para Bachillerato), elaborado con tal propósito, expresa que la utilización de materiales y de estrategias deliberadamente planificados para acelerar el desarrollo cognitivo de los estudiantes ha mostrado sus límites en aquellas ocasiones en que el nivel de partida de los estudiantes está muy alejado de la solución operatoria de los problemas planteados.

Siendo muy importante la influencia de los estudios anteriores, quizás la teoría cognitiva que más impacto ha tenido en los últimos años sea la teoría del **aprendizaje significativo de Ausubel**. Este autor (1976) remarca la importancia que adquiere la organización del conocimiento en estructuras y las reestructuraciones que se producen en el sujeto a partir de la interacción entre las estructuras presentes y la nueva información. Para Ausubel, el aprendizaje significativo es el proceso por el que se relaciona la nueva información con algún aspecto ya existente de la estructura cognitiva de un individuo. En otras palabras, se produce aprendizaje significativo cuando el nuevo contenido de aprendizaje puede incorporarse a las estructuras de conocimiento que posee el sujeto, es decir, cuando adquiere significado para el estudiante debido a su puesta en relación con los conocimientos anteriores.

Para que esto suceda se requieren ciertos requisitos; unos derivados del material que se intenta enseñar (aspectos disciplinares) y otros directamente relacionados con el sujeto que aprende (interés, motivación, ideas previas, etc.).

En cuanto al material que se vaya a aprender es preciso que esté compuesto por elementos organizados en una estructura lógica, entendiéndose por tal la necesidad de que el material no sea arbitrario. En relación a este factor Ausubel señala que *en muy raras ocasiones faltará en las tareas de aprendizaje, pues el contenido de la materia, casi por definición, tiene significado lógico*.

Algunos autores (Gagliardi, 1988; Giordan y De Vecchi, 1988) proponen que una secuencia lógica de los contenidos podría ser el seguimiento de los avatares y la evolución de los conocimientos científicos. Así, la historia de la ciencia podría ser una importante fuente de sugerencias para secuenciar los conceptos sin que ello suponga que *el saber deba ser propuesto a los alumnos en el orden y en las condiciones correspondientes a los diferentes descubrimientos científicos* (Giordan y De Vecchi, 1988). Dicha propuesta tiene como fundamento la apreciación de *una cierta similitud entre las ideas de los alumnos y las mantenidas por los científicos en etapas antiguas de la historia de la ciencia*. Ideas o concepciones de las que hablaremos posteriormente.

Otro aspecto relacionado con el aprendizaje significativo que nos interesa remarcar tiene que ver con las condiciones del sujeto que aprende, es decir, con su predisposición y su actitud hacia el aprendizaje. En palabras de Pozo (1989), *dado que comprender requiere siempre un esfuerzo, la persona debe tener algún motivo para esforzarse*. Una de las razones, dice Ausubel (1976), por las que se «extingue» la predisposición hacia el aprendizaje significativo es que *los estudiantes aprenden, por triste experiencia, que las respuestas sustancialmente correctas, que carecen de correspondencia literal con lo que se les ha enseñado, no son válidas para algunos profesores*. Queremos indicar con ello que con cierta frecuencia no percibimos el esfuerzo realizado por los estudiantes por explicar, según sus modelos de comprensión, las situaciones que se les proponen.

Debemos tener en cuenta que no sólo se enseñan conceptos científicos para proporcionar una representación del mundo, sino que debemos plantearnos si los modelos de interpretación programados son interesantes para los estudiantes en el contexto en que viven. Según esto, comenta Fourez (1994), *las quejas de que el curso de ciencias carece de «sentido» se seguirán dando (porque expresan que los alumnos no ven, en su contexto, el interés de aprender)*. Si consideramos las teorías que

se enseñan como tecnologías intelectuales podremos entender la racionalidad de los alumnos que perciben que algunas de ellas no se corresponden a su contexto. Para que un conocimiento pueda ser adecuado es preciso que esté integrado en una red social que la haga interesante. Por lo tanto, dadas las características de la etapa (*el Bachillerato debe aportar una formación básica para estudios superiores de naturaleza científica o técnica*) podremos presentar contenidos en un contexto de ciencia pura desarrollándolos en el ámbito de la ciencia aplicada siempre que tengamos en cuenta, además de las condiciones arriba enumeradas, los conocimientos previos y las concepciones de los estudiantes.

Una tercera condición del aprendizaje significativo que reside también en el sujeto, no menos importante que las anteriores, es definida por Ausubel (1976) en los términos siguientes: es preciso que la estructura cognitiva del alumno contenga **ideas inclusoras** con las que pueda ser relacionado el nuevo material. Lo cual, nos lleva a la consideración del tipo de concepciones que tienen los estudiantes sobre conceptos que se pretenden enseñar.

Las ideas previas o esquemas alternativos de los alumnos

Las investigaciones en didáctica de las ciencias han puesto de manifiesto la existencia en los alumnos de ideas previas o esquemas alternativos con respecto a distintos conceptos científicos.

En la última década ha aparecido un enorme caudal de información sobre la interpretación que los estudiantes de cualquier edad hacen sobre diversas situaciones, o sobre cómo los alumnos movilizan sus ideas para dar significado a los hechos que se les pide analizar.

A estas alturas ya han surgido algunas críticas sobre la enorme variedad de concepciones alternativas que constantemente aparecen en las publicaciones de didáctica de las ciencias. Se resalta en estos análisis (Pozo, 1993) que, con harta frecuencia, la interpretación de las respuestas de los estudiantes a las cuestiones planteadas, con el fin de descubrir sus concepciones, no respetan los criterios que deben fundamentar una verdadera investigación. A veces la metodología no es adecuada y, a veces, las conclusiones derivadas de la exploración no son válidas al no tener en cuenta, por ejemplo, el tipo de tareas propuestas, en cuyo caso no se puede reconocer que lo que se dice es lo comprobado.

A pesar de ello, y aunque no siempre las concepciones alternativas definidas sean tales, lo cierto es que han sido un punto de partida para el acercamiento a la perspectiva constructivista de aprendizaje y el fundamento de modelos de enseñanza de las ciencias como el del cambio conceptual.

No presentamos un análisis pormenorizado de las ideas de los alumnos y alumnas sobre conceptos de Biología y Geología. Nos limitaremos a reseñar algunas de las nociones que han sido exploradas. Sobre conceptos generales de biología (ser vivo, crecimiento, animal, vida, salud); sobre conceptos de geología (formación de las montañas, sismicidad, significado de tiempo geológico, ciclo del agua, los cambios geológicos); sobre los vegetales (mecanismos de transporte, crecimiento y reproducción, fotosíntesis y respiración, nutrición); sobre ecología (ecosistema, plantas como productores, cadenas alimentarias); sobre el cuerpo humano (digestión, respiración, circulación, reproducción); sobre genética (evolución y herencia, selección natural, caracteres heredados, genética mendeliana, mecanismo hereditario), sobre fisiología celular (célula, ósmosis, respiración celular, energía celular), etc. El hecho de que gran parte de las concepciones alternativas sobre los conceptos o principios enunciados se mantenga incluso después de largos períodos de enseñanza nos lleva al análisis siguiente.

Las características de las ideas de los alumnos y su origen han sido señaladas por varios autores (Serrano y Blanco, 1988; Driver *et al.*, 1989, Pozo *et al.*, 1991; Osborne y Freyberg, 1991, etc.).

Según Serrano y Blanco (1988) podemos indicar como características de las ideas alternativas de los alumnos las siguientes:

- Son *estructuras mentales*, es decir, esquemas conceptuales con un determinado nivel de coherencia interna. Las concepciones de los alumnos tienen sentido dentro de su propia manera de ver las cosas. Desde este punto de vista, los estudiantes no están equivocados sino que interpretan los fenómenos de un modo diferente.
- Las ideas de los alumnos son *esquemas activos*. Aunque no pueden cambiarse fácilmente mediante la instrucción, sería erróneo considerarlas como un conjunto estático de nociones. Podrían calificarse mejor como diferentes posibles «modos de ver» de que disponen los alumnos y que pueden ser ensayadas en situaciones diversas.
- Son *construcciones personales*, es decir, que han sido elaboradas por el alumno al ir interiorizando las experiencias que vive, de manera que le resulten coherentes. El que estas ideas sean personales no quiere decir que no se repitan en otras muchas personas; concepciones similares sobre conceptos científicos son mantenidas por alumnos de medios y países diferentes. Esto podría explicarse a partir de la influencia que las experiencias sensoriales tienen en la creación de dichas ideas.
- Las representaciones de los alumnos pueden *tener cierto grado de validez*, aunque aparentemente resulten contradictorias para el profesor.

Es un rasgo característico de las ideas de los alumnos que son limitadas en su generalidad y tienden a estar relacionadas con contextos específicos. Situaciones que pueden ser «vistas» como similares desde el punto de vista científico pueden ser interpretadas por los alumnos utilizando nociones diferentes.

Otra característica es que un individuo puede responder a la misma situación usando diferentes ideas en ocasiones distintas. Esto indica que el individuo tiene disponibles varios «modos de ver» una situación. Es probable, incluso, que sea este pluralismo el que haga posible que pueda ocurrir el aprendizaje y el cambio conceptual.

- Las representaciones de los alumnos recuerdan, algunas veces, a las mantenidas por los científicos en etapas antiguas de la historia de la ciencia.

Según Pozo *et al.* (1991), pueden diferenciarse tres posibles orígenes para las ideas de los alumnos:

- «Origen sensorial: las concepciones espontáneas. Se formarían en el intento de dar significado a las actividades cotidianas y se basarían esencialmente en el uso de reglas de inferencia causal aplicadas a datos recogidos —en el caso del mundo natural— mediante procesos sensoriales y perceptivos».
- «Origen social: las concepciones inducidas. El origen de estas concepciones no estaría tanto dentro del alumno como en su entorno social, de cuyas ideas se impregna el alumno.»
- «Origen analógico: las concepciones análogas. A pesar de la ubicuidad de las concepciones alternativas, existen algunas áreas de conocimiento con respecto a las cuales los alumnos carecerían de ideas específicas, ya sean espontáneas o inducidas, por lo que para poder comprenderlas se verían obligados a activar, por analogía, una concepción potencialmente útil para dar significado a ese dominio. Cuanto menor sea la conexión de un dominio con la vida cotidiana mayor será la probabilidad de que el alumno carezca de ideas específicas al respecto. De esta forma, la comprensión debe basarse en la formación de analogías, ya sean generadas por los propios alumnos o sugeridas por la enseñanza.»

De todos estos estudios sobre las ideas alternativas de los alumnos ha derivado una serie de implicaciones didácticas. Si, como recuerda Pozo (1992), *el aprendizaje significativo es siempre el producto de la interacción entre un conocimiento previo activado y una información nueva*, éste puede concebirse como una transformación progresiva de dichas ideas hacia concepciones científicas. En

este supuesto se basa el modelo de *cambio conceptual*. Ahora bien, ese cambio no consiste en sustituir unas ideas por otras, sino que debe haber un avance paulatino, una cohesión genética entre las teoría espontánea y la teoría científica. Para que el alumno cambie su teoría es necesario que:

- sea consciente de sus propias ideas;
- se enfrente a situaciones conflictivas que supongan un reto para las mismas;
- disponga de una teoría alternativa —la «visión escolar científica»— que le explique un mayor número de fenómenos.

Hewson (1981) señala que en muchos casos las ideas de los alumnos no son cambiadas, sino que evolucionan o se amplían a lo largo de la escolarización hasta llegar a ser coherentes con la ciencia escolar. Para Hewson, el aprendizaje significativo puede producirse de dos formas:

- por medio de estrategias de intercambio si las ideas alternativas y las nuevas son irreconciliables;
- por medio de estrategias de integración, es decir, mediante la ampliación y diferenciación de las ideas previas. Esto supone una reconciliación entre la idea alternativa y la nueva idea, bien integrando ambas o incluyendo la primera en la segunda.

Para Hewson (1989) el modelo de aprendizaje por cambio conceptual incluiría tanto la integración como la modificación de las ideas (intercambio), tal como puede apreciarse en la *Figura 1*.

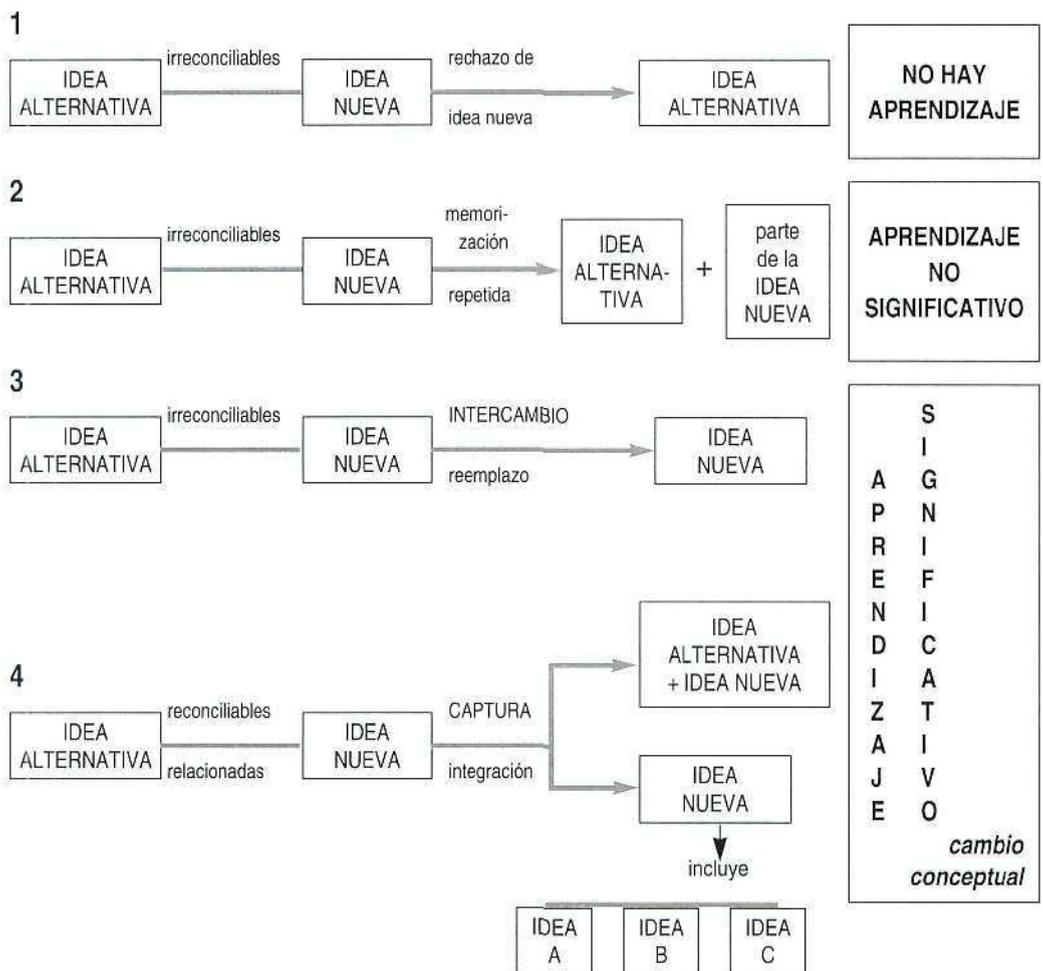


Figura 1. Modelo de aprendizaje como cambio conceptual (Jiménez, 1991).

La puesta en práctica de diversidad de temas tratados, partiendo de las concepciones previas y con el ánimo de provocar la variación de las mismas, ha permitido introducir otros matices distintos que los derivados exclusivamente del cambio conceptual. Como señala Pozo (1993), ya no se trata tanto de investigar qué concepción tienen los alumnos sobre un fenómeno determinado cuanto de analizar cuál de sus representaciones implícitas activarán ante una tarea. Es decir, se debería profundizar en el conocimiento del uso que los estudiantes hacen de sus ideas alternativas con el fin de propiciar el empleo de las mismas en variadas situaciones y en el momento adecuado.

Hacer ciencia. ¿Cómo familiarizar a los alumnos con los procedimientos científicos?

Dar oportunidad a los alumnos de *hacer ciencia* o, más exactamente, de aprender los conocimientos necesarios para llevar a cabo una investigación, conduce a centrarse en los procesos de la ciencia. Es conveniente señalar que los «procesos de la ciencia» no se refieren únicamente a habilidades manipulativas sino que, como ha puesto de manifiesto Millar (1991), la realización de una investigación supone poner en juego habilidades intelectuales, prácticas y de comunicación (Figura 2).

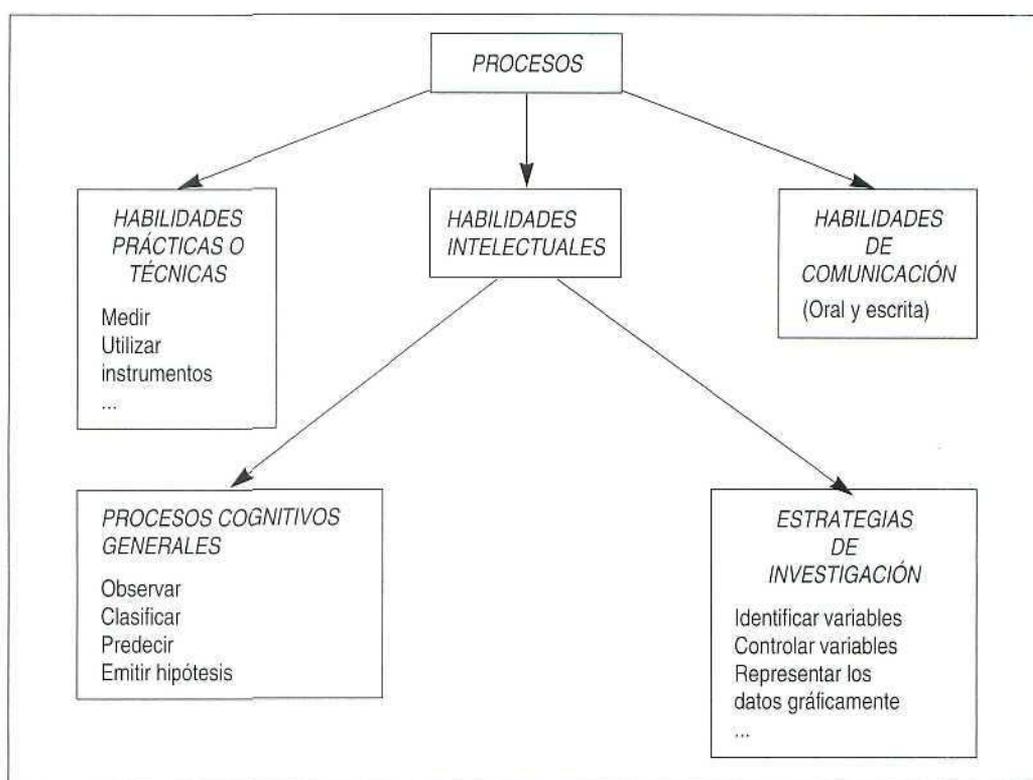


Figura 2. Habilidades implicadas en una investigación (Millar, 1991).

Pero, ¿cuáles son los procedimientos científicos involucrados en una investigación? Reid y Hodson (1993) señalan que *en un intento por identificar los procedimientos de la ciencia, la American Association for the Advancement of Science pidió a los científicos que dijeran los procedimientos presentes en su investigación diaria. Las respuestas se categorizaron en trece procedimientos: observación, clasificación, comunicación, predicción, inferencia, medida, cálculo, uso de relaciones espacio-tiempo, interpretación de datos, formulación de hipótesis, control de variables, definición operativa, experimentación.* Estos autores consideran que esta lista no es lo suficientemente detallada para ayudar a los profesores a diseñar actividades de aprendizaje y de evaluación y proponen reemplazarla por la clasificación más ampliada propuesta por Hodson y Brewster (1985), que se muestra en la Tabla II.

1. Planificación de investigaciones

- P1 Identificación y clarificación de problemas (preguntando las cuestiones apropiadas).
- P2 Formulación de hipótesis.
- P3 Selección de test apropiados de las hipótesis.
- P4 Diseño de experimentos:
 - i) Análisis de los pasos componentes.
 - ii) Identificación y control de variables.
 - iii) Selección de procedimientos y aparatos apropiados.
 - iv) Identificación de las cuestiones de seguridad.

2. Realización de investigaciones

- P5 Observaciones seguras de objetos y fenómenos.
- P6 Selección de los instrumentos de medida apropiados.
- P7 Medición fiable.
- P8 Descripción y comunicación de las observaciones en el lenguaje apropiado: i) cualitativo, ii) cuantitativo.
- P9 Uso seguro del material de laboratorio.
- P10 Realización de operaciones rutinarias de laboratorio.
- P11 Realización de técnicas específicas.
- P12 Llevar a cabo procedimientos familiares o nuevos de acuerdo con instrucciones escritas o verbales.
- P13 Trabajo metódico y eficiente.

3. Interpretación y aprendizaje de las investigaciones

- P14 Procesamiento, manipulación y organización de los datos experimentales.
- P15 Presentación de los datos en una forma apropiada.
- P16 Análisis e interpretación de datos (reconociendo tendencias, secuencias y modelos).
- P17 Extrapolación de datos y generalización.
- P18 Dar sentido a los datos en referencia a una teoría relevante.
- P19 Sacar conclusiones (incluyendo la relación entre hipótesis y datos interpretados).
- P20 Sugerencia de modificaciones y mejoras para el trabajo posterior.

4. Comunicación

- P21 Preparación y comunicación de un informe o reportaje oral o escrito en una forma apropiada, teniendo en cuenta tanto el contenido como la audiencia.

Tabla II. Los procedimientos de la Ciencia (Reid y Hodson, 1993).

Para el aprendizaje de estos procedimientos científicos en el Bachillerato, se puede proponer a los alumnos tanto ejercicios prácticos como investigaciones (adoptando la clasificación de Woolnoug y Allsop 1985).

Ejercicios prácticos

Son actividades diseñadas para desarrollar habilidades prácticas (observación, medida, manipulación de instrumentos, tratamiento de datos y técnicas diversas) o habilidades intelectuales (clasificación, emisión de hipótesis, diseño de experimentos, control de variables), o habilidades de comunicación (comunicación de resultados), independientemente.

Ejemplos de ejercicios:

- Manejar el microscopio.

- Observar, dibujar y clasificar la flora y la fauna.
- Usar claves dicotómicas en la identificación de organismos o materiales terrestres.
- Realizar pruebas de ensayo para identificar glúcidos, lípidos, proteínas, etc.
- Interpretar un mapa topográfico o geológico.
- Realizar un corte geológico.
- Representar gráficamente los datos obtenidos en una experiencia.
- Planificar una investigación.
- Redactar un informe de los resultados de un experimento.

Investigaciones

Actividades diseñadas para dar a los alumnos la oportunidad de trabajar en la resolución de problemas teóricos o prácticos. La realización de una investigación supone poner en práctica los tres tipos de actividades señaladas por Millar (1991).

Ejemplos de investigaciones:

- ¿Por qué se pudren los alimentos?
- ¿Qué factores influyen en la pérdida de agua en las plantas?
- ¿De qué depende la erosión?
- ¿Qué zumos tienen mayor contenido en vitamina C?
- ¿Qué pasta dentífrica es más eficaz para combatir la placa bacteriana?

Según los objetivos que se pretenda conseguir se plantearán uno u otro tipo de actividades, pero siempre teniendo en cuenta que la realización de investigaciones es la actividad fundamental para conseguir que los alumnos practiquen la metodología científica.

Al diseñar este tipo de actividades de este segundo tipo, deberemos considerar que la percepción del problema y su investigación dependerá tanto de la naturaleza del problema como de los conocimientos y habilidades de los alumnos, por lo que será necesario ajustar las características y la estructura de las investigaciones que se propongan a las capacidades de los estudiantes. Pautas para convertir en más abierta una investigación las encontramos en Albaladejo y Caamaño (1992) y en Albaladejo *et al.* (1993). Según el control ejercido por el profesor (o por los alumnos) sobre cada uno de los elementos involucrados en las mismas, Albaladejo y Caamaño (1992) diferencian seis distintas situaciones como se muestra en la *Tabla 3*.

	1	2	3	4	5	6
Área de interés	P	P	P	P	P	A
Establecimiento del problema	P	P	P	P	A	A
Planificación	P	A	A	A	A	A
Determinación de la estrategia	P	P	A	A	A	A
Realización	A	A	A	A	A	A
Interpretación de los resultados	P/A	P/A	P/A	A	A	A

Tabla 3. Esquema de elementos involucrados en una investigación (Albaladejo y Caamaño, 1992). (P: profesor, A: Alumno).

En dicha tabla, la *situación 1* describe actividades prácticas del tipo descubrimiento orientado. La *situación 2* difiere de la 1 únicamente en que los alumnos participan en la planificación de la investigación, si bien la estrategia final que todos realizan resulta de una puesta en común moderada por el profesor.

En la *situación 3* el control de los alumnos sobre la planificación es total. El papel del profesor se limita, en lo que a la planificación concierne, a proporcionar los recursos disponibles, lo cual, en cierto modo, condiciona las posibilidades del diseño. El inconveniente de esta situación es que si la estrategia escogida es equivocada, los resultados obtenidos pueden ser incorrectos, o relevantes en un problema diferente del propuesto. Sin embargo, con el control de profesor sobre la evaluación de los resultados, los alumnos pueden ser dirigidos a mejorar la estrategia escogida o cambiarla.

En la *situación 4* se da a los alumnos todo el control sobre la interpretación de los resultados, lo que implica que se considere más importante el proceso que el resultado final. Por tanto, este tipo de investigación no será adecuado si el objetivo es ayudar a construir o consolidar un determinado concepto. Existe además el peligro de que la interpretación sea realizada mediante ideas alternativas, lo que puede contribuir a consolidarlas, en lugar de modificarlas.

Las *situaciones 5 y 6* corresponden más bien a la realización de proyectos por parte de los alumnos. La diferencia entre ambas es que en la situación 5 el área de interés es escogida por el profesor, normalmente al finalizar un determinado tema de la programación, mientras que en la situación 6 el área es escogida por los alumnos. La única limitación está en su interés científico o tecnológico. En estos casos, el profesor sólo actúa como consejero cuando los alumnos requieren su ayuda.

Teniendo en cuenta dicha gradación, los profesores podemos modificar progresivamente algunas de las actividades prácticas del tipo 1 en actividades del tipo 2, 3 y 4, según las capacidades y el progreso de los estudiantes como anteriormente se ha señalado.

Aprender sobre la ciencia. ¿Cómo aproximar a los alumnos al conocimiento de la naturaleza de la ciencia?

Si en los currículos de ciencias no se plantea la finalidad de enseñar *sobre la ciencia*, el aprendizaje puede reforzar interpretaciones intuitivas que no responden a la «realidad». No es suficiente que los alumnos aprendan conceptos y se familiaricen con los procedimientos científicos para que aprendan sobre la ciencia. Si queremos que los estudiantes lleguen a adquirir una imagen de la ciencia, de su naturaleza cambiante, del carácter creativo del trabajo científico, de las interacciones de la ciencia con la tecnología, de sus implicaciones sociales, etc., tendremos que introducir la relación de la ciencia, de la tecnología y de la sociedad e incorporar, por lo mismo, la historia de algunos de los descubrimientos de Biología y Geología en las clases de ciencias.

El enfoque ciencia-tecnología-sociedad

En la década de los 80 surgió un movimiento para la enseñanza de las ciencias caracterizado con las siglas C-T-S. Su objetivo fundamental, como señala Caamaño (1988), era preparar mejor a los alumnos para sus vidas como profesionales y como ciudadanos responsables en una sociedad democrática.

Según Vilches (1994), la introducción de temas de ciencia, tecnología y sociedad en la enseñanza de las ciencias permite:

- *Mostrar una imagen socialmente más contextualizada del conocimiento científico, lo cual ayudará a identificar los problemas de la vida real, formular soluciones o tomar decisiones frente a las cuestiones y problemas planteados.*

- *Profundizar en los problemas asociados a la construcción del conocimiento científico y comprender mejor el papel de la ciencia y la tecnología.*

Adoptando este enfoque, se han elaborado en los últimos años proyectos con diferente estructura: proyectos de CTS puros, proyectos de ciencias a través de un enfoque CTS y proyectos que introducen temas de CTS en los cursos de ciencias. Una relación de los proyectos de CTS más significativos se puede encontrar en Caamaño, 1994.

En el currículo de ciencias de este curso se puede introducir en las distintas unidades didácticas actividades para tratar temas de CTS. Ejemplos de estos temas podrían ser: los trasplantes de embriones, la fecundación asistida, las implicaciones sociales de la genética, la utilización de hormonas en ganadería y hortofruticultura, el «mal de la piedra», etc.

Utilización de la historia de la ciencia en la enseñanza

El papel que puede desempeñar la historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencias ha sido puesto de manifiesto por varios autores ya citados. Además de su utilidad para definir los contenidos de los cursos, para determinar obstáculos de aprendizaje y para favorecer actitudes positivas hacia la ciencia, el conocimiento de la historia de las ciencias **puede ayudar a los alumnos a conocer la naturaleza de las ciencias y a comprender cómo se produjeron, y se producen, los conocimientos científicos.**

Los comentarios de textos de historia de la biología y de la geología podrían servir para poner en entredicho la idea «simplista» de que basta una observación detallada de los hechos o unos experimentos cruciales para construir una teoría científica o para refutar una teoría anterior. Servirían también para mostrar la naturaleza cambiante del conocimiento.

Algunos ejemplos a los que hemos recurrido para presentar esta visión, y que se citan en las correspondientes unidades, son: textos sobre la formación de los fósiles; textos sobre la edad de la Tierra: Buffon, Lyell, Kelvin, Huxley, Holmes; historia de una «revolución científica»: la Tectónica de Placas; el debate entre los epigenistas y los preformacionistas; los trabajos de Mendel; textos sobre el origen de la vida y la evolución: Aristóteles, Van Helmont, Redi, Pasteur, Lamarck y Darwin; textos históricos sobre la nutrición de las plantas: Van Helmont, Hales, Malpighi y Priestley, etc.

Como consecuencia de las ideas expuestas, no consideramos viable, ni siquiera posible, que en un curso de ciencias se pueda adoptar una orientación en exclusiva. Habrá que tener en cuenta, como se viene sugiriendo, tanto la estructura de la disciplina como los intereses y las condiciones de los alumnos o la naturaleza y las necesidades de la sociedad.

Actividades de enseñanza y aprendizaje

Tipos de actividades

Entendemos por actividades **todo el conjunto de acciones con coherencia interna que han de realizar el profesor y los alumnos.**

Las recientes investigaciones en didáctica de las ciencias señalan que más que considerar la programación como un conjunto de conceptos y habilidades que los alumnos tienen que aprender, debe concebirse como una secuencia de actividades a través de las cuales dichos conocimientos pueden ser contruidos y adquiridos (Driver y Oldham, 1988; Gil y Martínez, 1987; Driver, 1986).

En cada Unidad didáctica, el tipo de actividades y la secuencia de las mismas dependerá tanto de los objetivos que se pretendan alcanzar como de la orientación de la enseñanza de las ciencias que

se desee enfatizar. La función del profesor no es, en consecuencia, la de mero transmisor de conocimientos, sino que su trabajo se manifiesta, principalmente, en la invención y diseño de situaciones de aprendizaje adecuadas.

El aprendizaje significativo de conceptos científicos, como se ha señalado anteriormente, impone una serie de condiciones que no podemos obviar, como que el material esté organizado y sea comprensible, que el alumno disponga de conocimientos previos para relacionar con el nuevo material y tenga, además, una disposición favorable para el aprendizaje.

En la actualidad conviven varios tipos de actividades de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, que obedecen a distintos criterios de clasificación, entre los que seleccionamos:

- Actividades de aprendizaje por exposición.
- Actividades dirigidas hacia el cambio conceptual.
- Actividades enfocadas hacia la resolución de problemas.
- Actividades para mostrar la relación CTS.

Actividades de aprendizaje por exposición

Una forma muy habitual de organizar el tratamiento de un tema es la presentación expositiva del entramado de conceptos mediante la explicación oral o el recurso de textos escritos. Sin minusvalorar la importancia de estas actuaciones conviene recordar que *para incrementar las probabilidades de éxito es conveniente asegurarse de que la exposición activa algunos conocimientos que ya poseen los alumnos y, por otra parte, cuidar con esmero la organización o estructura interna de la propia exposición* (Pozo, 1992).

Según este autor, una actividad expositiva dirigida a la adquisición de conceptos debería constar al menos de tres fases:

1. Introducción con el fin de activar los conocimientos de los alumnos. Esta fase cumpliría la función de «organizador previo», en lenguaje de Ausubel, y serviría para enlazar los conocimientos con la nueva información.
2. Presentación del contenido propiamente dicho, mediante exposiciones del profesor o de los propios alumnos, lecturas, discusiones, realización de experiencias, etc. Lo más importante de esta fase es que los materiales empleados consten de una buena organización interna y que sean capaces de despertar el interés de los alumnos.
3. Establecimiento de conexiones entre las ideas previas y la organización conceptual de los materiales presentados en la fase anterior. En este momento, es importante recurrir a los ejemplos y a la aplicación de los conceptos a casos prácticos.

Recordamos que en la actividad expositiva debe emplearse un vocabulario y una terminología adaptados al alumno y que el abuso de datos puede dificultar la comprensión. En este sentido, en cada tema, debería elegirse convenientemente el número de datos nuevos que se presenta para la comprensión de los conceptos implicados y ofrecer aquella información que se va a utilizar en otros contextos, con el fin de poder seguir dando significado a los hechos y datos proporcionados.

Si la secuencia de actividades de todos los temas del curso tuviera esta orientación en exclusiva, no permitiría tener en cuenta uno de los componentes señalados al abordar los objetivos: «hacer ciencia». Es decir, no se contemplaría el diseño y realización de pequeñas investigaciones aplicando procedimientos del trabajo científico, o al menos no es previsible que se planteen las situaciones 2, 3 y 4

de la Tabla III, anteriormente presentada, en que la planificación e interpretación y comunicación de resultados cumplen un importante papel.

Conviene señalar, por último, que no habrá comprensión si lo que los alumnos están oyendo o leyendo no pueden relacionarlo con lo que ya saben. Pero, ¿es suficiente con que el material de aprendizaje se relacione con los conocimientos existentes para que haya comprensión?, y ¿ayudan siempre las ideas de los alumnos o son a veces un obstáculo? Bajo la perspectiva de salvar dicho obstáculo surgieron los modelos de cambio conceptual.

Actividades dirigidas hacia el cambio conceptual

La existencia de ideas previas o esquemas alternativos en los alumnos y, lo que es más importante, su persistencia en el tiempo, ha tenido importantes implicaciones didácticas en los últimos años. La fecundidad de la línea de investigación abierta a raíz del análisis de las concepciones iniciales está asociada, sobre todo, a la elaboración de un nuevo modelo: el aprendizaje como cambio conceptual.

Hay varias propuestas de enseñanza encaminadas a provocar el cambio conceptual. Podemos citar, entre las más relevantes, la enunciada por Posner y col. (1982); la propuesta de Driver y Oldham (1988); el modelo de Osborne y Freyberg (1991); el de Pozo (1987); Jiménez (1989), el ya comentado de Hewson (1981), etc. Aunque varían en algunos aspectos, las estrategias de enseñanza empleadas por estos autores, dirigidas al cambio conceptual, comparten mayoritariamente una serie de actividades que se estructura en este caso a partir de las ideas de los estudiantes con la finalidad de fomentar el cambio (o ampliación) de dichas ideas. En esencia, constan de las fases que a continuación se señalan:

1. **Fase de iniciación.** Con actividades destinadas a motivar a los alumnos hacia el tema (lecturas, itinerarios, vídeos, etc.) o encaminadas a que los alumnos hagan explícitas sus ideas (comentarios en grupo, tests, etc.).
2. **Fase de desarrollo o de reestructuración.** Presenta un conjunto de actividades enfocadas a cuestionar las ideas de los alumnos (presentación de contraejemplos, lecturas, planteamiento de problemas, etc.), y a producir el cambio conceptual. En esta fase se puede emplear una amplia variedad de actuaciones:
 - Confrontar las ideas de los estudiantes en situaciones, experimentales o no, en las que dichas ideas no funcionen.
 - Determinar cuáles son sus concepciones.
 - Levantar «puentes de experiencias» para una nueva noción (por ejemplo, mediante la realización de diseños experimentales).
 - Introducir los contenidos científicos (la exposición por parte del profesor no se puede soslayar en esta fase) y mostrar su mayor poder explicativo (utilizando, por ejemplo, documentos de la historia de la ciencia).
 - Desarrollar la base para una nueva teoría usando un modelo o analogía, etc.
3. **Fase de aplicación.** Con actividades encaminadas a consolidar los conocimientos adquiridos aplicándolos tanto a situaciones explicadas por la teoría inicial (la que tenían los alumnos) como a situaciones de las que aquella no daba cuenta (resolver nuevos problemas, experimentar, reconocer aplicaciones sociales).
4. **Fase de revisión y síntesis.** Con la finalidad de que los alumnos se den cuenta del cambio entre sus ideas y las que poseían inicialmente.

La efectividad de estas estrategias de cambio conceptual viene refrendada por numerosas investigaciones realizadas en diferentes campos de las ciencias (Gil, 1993). Sin embargo, es conveniente señalar que ciertas concepciones alternativas son resistentes a la instrucción, incluso cuando se planifica expresamente para producir el cambio conceptual. Las nociones y principios científicos no se adquieren *mediante ejemplos bien elegidos, sino que se logra apropiarlos lentamente, tras esfuerzos y regresiones aparentes* (Astolfi y Verin, 1985).

Gil (1993) incide en la idea de que es necesaria una mayor insistencia en que el cambio conceptual debe ir asociado a un cambio metodológico, es decir, que las estrategias de aprendizaje enfocadas al cambio conceptual tienen que estar acompañadas de la práctica de la metodología científica.

Un esquema que podría representar la secuencia comentada se presenta en la *Figura 3*.

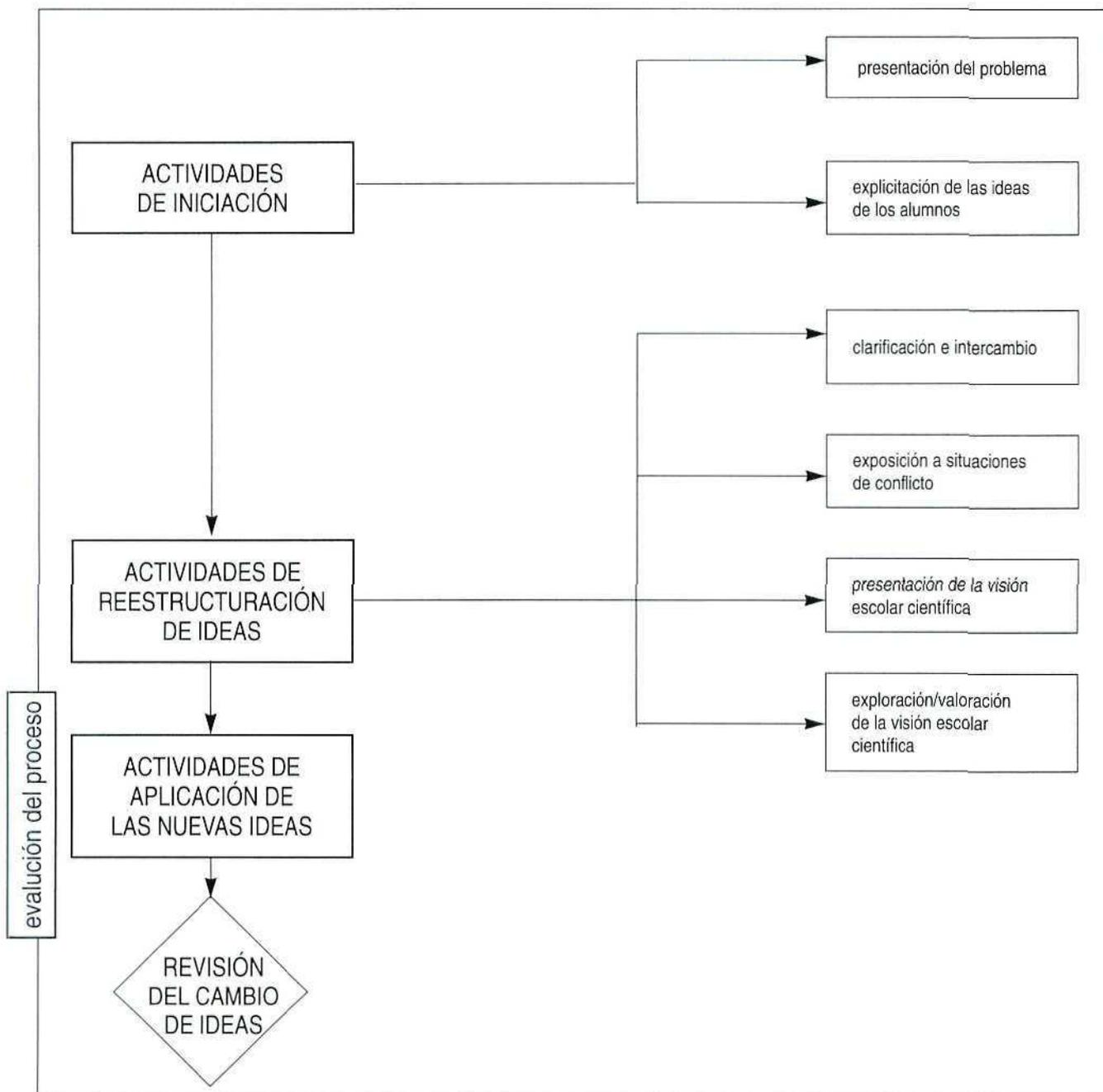


Figura 3. Esquema de secuencia de actividades según el modelo de cambio conceptual (adaptado de Oldham, 1988).

Actividades enfocadas hacia la resolución de problemas o la realización de una investigación

Desde el punto de vista constructivista, dice Gil (1993), resulta esencial asociar explícitamente la construcción de conocimientos a problemas. Y añade, *la estrategia de enseñanza que nos parece más coherente con la orientación constructivista y con las características del razonamiento científico es la que plantea el aprendizaje como tratamiento de situaciones problemáticas abiertas, que los alumnos puedan considerar de interés.*

La ciencia vista como un ejercicio de resolución de problemas prácticos conduce a centrarse en los procesos de la ciencia. La realización de investigaciones es la actividad fundamental para conseguir que los alumnos practiquen la metodología científica.

El proyecto APU (Assessment Performance Unit, 1984), considera que la resolución de problemas en ciencias es una actividad que consta de una serie de etapas identificables, como se muestra en la *Figura 4.*

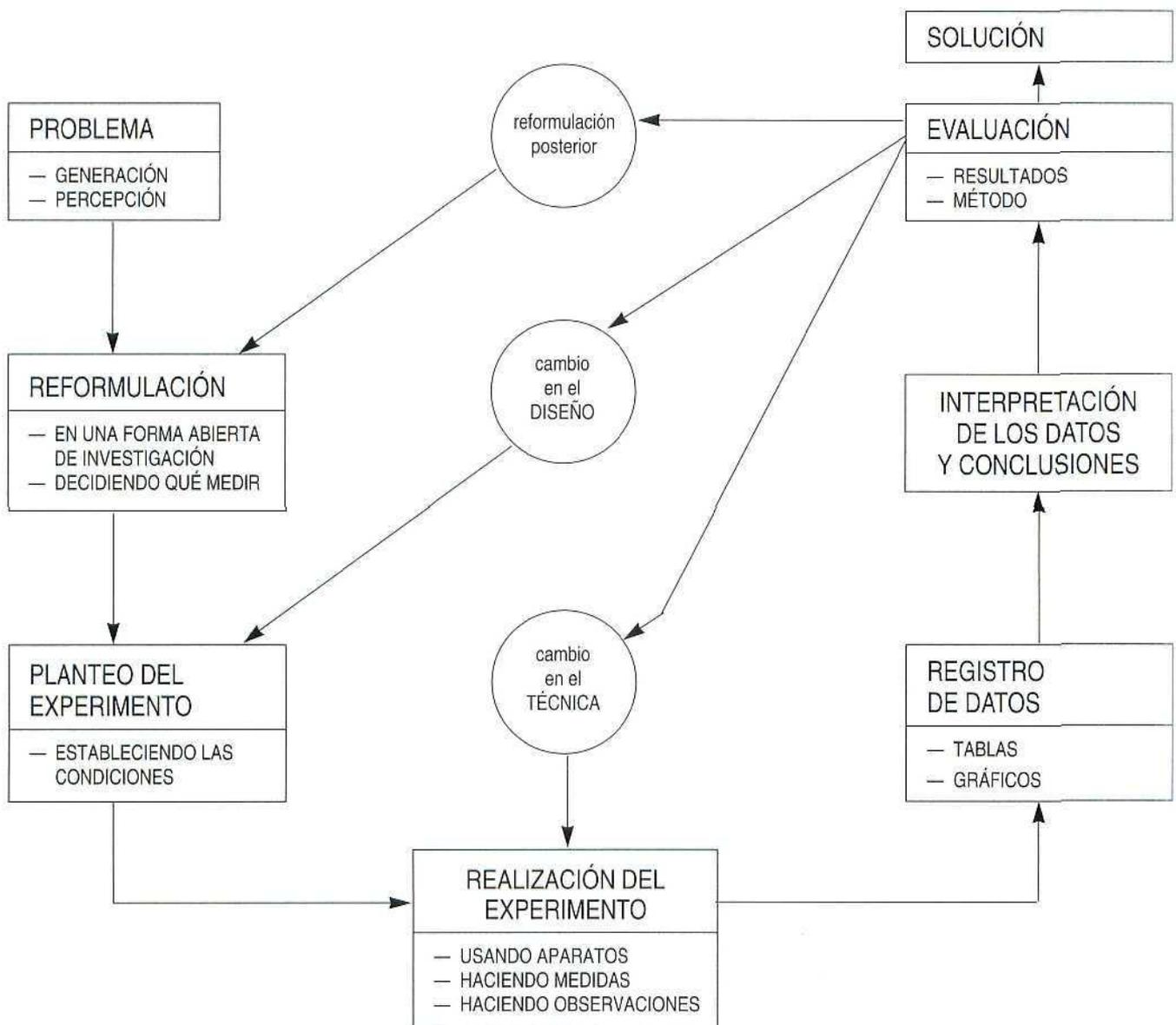


Figura 4. Etapas identificables en la resolución de problemas (adaptado de APU, 1984).

Actividades para mostrar la relación entre ciencia, tecnología y sociedad (CTS)

Una de las virtudes de la orientación CTS de la enseñanza de las ciencias es que ofrece ocasiones para practicar un gran número de habilidades de comunicación (discutir, leer, hacer encuestas, redactar informes, escribir cartas, tomar decisiones, etc.). Además, da oportunidad a los alumnos para aportar sus diferentes puntos de vista, lo que contribuye a afianzar la actitud positiva en la valoración de las asignaturas de ciencias.

Para desarrollar este modelo de enseñanza no se han tipificado secuencias de actuación. En cambio, en los proyectos que abogan por esta orientación sí se puede reconocer un conjunto de actividades apropiadas para facilitar el intercambio de opiniones, la búsqueda de soluciones, etc., tales como: debates, juegos de simulación o de representación de roles, encuestas, itinerarios, visitas, etc.

Análisis de algunas actividades

La complejidad del proceso de aprendizaje de los contenidos científicos hace necesaria la utilización de estrategias variadas y el empleo de recursos diversos. Del mismo modo que señalábamos la dificultad de elección de un único modelo didáctico para conseguir todos los objetivos o para el tratamiento de todos los contenidos de la programación, así, en el diseño de las unidades didácticas, se utilizarán distintos recursos y actividades en función de los objetivos de cada tema. No obstante, creemos conveniente analizar las ventajas de algunas actividades concretas que aparecen en el desarrollo de este curso y de las cuales la investigación didáctica ha ofrecido resultados relevantes.

Mapas conceptuales

Los mapas conceptuales, en palabras de Novak (1991), son esquemas que representan las estructuras de conocimiento en un tema concreto. La técnica de mapas conceptuales se inspira en alguna de las ideas de la teoría de asimilación de Ausubel (1976) y se propone para ayudar a los estudiantes a construir nuevos significados. Como dice Novak, *sirven para organizar los conocimientos que situamos en la memoria a largo plazo porque pueden hacer la función de una especie de andamiaje mental para ensamblar fragmentos en nuestra memoria funcional.*

En cuanto al aprendizaje de las ciencias, los mapas conceptuales se han mostrado eficaces como instrumento orientado a centrar la atención en el descubrimiento de significados. La flexibilidad de los mapas conceptuales permite que se puedan utilizar para distintos fines:

1. Como instrumento de exploración de las ideas de los alumnos.
2. Para la extracción del significado de textos y en el trabajo de laboratorio y de campo.
3. Para investigar cambios en la estructura conceptual durante la instrucción.
4. Como instrumento de evaluación.

Debates

Estimulan en los alumnos el examen de sus ideas individuales y los familiarizan con las ideas de sus compañeros. La discusión ayuda a desarrollar una conciencia de la fortaleza o debilidad de las propias concepciones, y a apreciar que las personas pueden tener diferentes puntos de vista respecto de un mismo asunto.

Además, contribuyen a crear un clima adecuado de aprendizaje. Cuando los alumnos hablan de conceptos científicos entre sí y los aplican en nuevos contextos, suelen ganar confianza en el manejo de dichos conceptos. Los debates, por tanto, favorecen el desarrollo de la expresión oral.

Itinerarios y visitas

Son actividades muy divergentes, cuya finalidad es dar oportunidad a los alumnos de tener experiencias directas con el medio que los rodea.

Las visitas a fábricas, depuradoras de aguas, centrales eléctricas, centros sanitarios, canteras, granjas, etc., pueden servir para enseñar a los alumnos las aplicaciones de la ciencia al mundo real.

Las salidas y visitas deben integrarse con el trabajo precedente y posterior en el aula. Un itinerario o una salida tiene que prepararse previamente. Es conveniente que el profesor haya realizado la visita o la ruta con anterioridad para poder planificarla con sus alumnos. Asimismo, debe seleccionar, de la complejidad de los datos que puede proporcionar una salida, aquella información que sirva como referente para el trabajo de clase, para el planteamiento de problemas, para la búsqueda de nueva información, etc.

Los trabajos de campo se han mostrado muy eficaces en el aprendizaje de conceptos y principios de ecología y en su transferencia para la discusión y resolución de algunos problemas ambientales (Fernández Manzanal, 1993), tanto por las actividades específicamente planificadas como, probablemente, por el efecto secundario que ejerce el reconocimiento de componentes del entorno al facilitar la relación entre el dominio cognitivo y afectivo.

Búsqueda de información

El alumno, bien individualmente o en grupo, debe buscar información sobre el tema que está trabajando. La búsqueda puede ser bibliográfica, oral (realización de entrevistas), audiovisual, etc. La información reunida en esta actividad sirve para realizar actividades posteriores.

Audiovisuales

La utilización de vídeos o diapositivas puede ser múltiple. Como actividad inicial, puede servir para que los alumnos manifiesten sus conocimientos de partida. Se puede pedir a los alumnos que pongan pie —o hagan breves comentarios— a fotografías o diapositivas. O se les pasa un vídeo sin sonido, y se les pide que escriban un texto para explicar lo que han visto. Se puede pasar posteriormente el vídeo con sonido para que pongan de manifiesto las posibles contradicciones y comenzar a trabajar a partir de ellas (San Valero, 1987).

Las actividades con vídeos y diapositivas pueden completar los itinerarios o los trabajos de investigación, también pueden ayudar a relacionar la ciencia con el mundo exterior.

Juegos de simulación. Representación de roles

Son reproducciones simplificadas de acontecimientos de la vida real en las que los alumnos pasan a ser «actores» de la situación, enfrentándose a la necesidad de tomar decisiones y de valorar sus resultados. Según Martín (1983), los juegos de simulación:

- Permiten a los alumnos explorar distintas estrategias de solución de problemas.
- Hacen que los estudiantes analicen las relaciones causa-efecto entre sus decisiones y las consecuencias que éstas producen.
- Facilitan la comprensión de los procesos complejos.
- Favorecen la interacción entre los alumnos, estimulando la cooperación entre ellos y la necesidad de apreciar puntos de vistas diferentes a los suyos.

- Pueden tener un carácter interdisciplinar, ya que ofrecen una perspectiva integrada de la realidad.

Los juegos de simulación podrían emplearse (Santisteban,1990):

- Como elemento motivador para introducir una materia nueva.
- Como actividad que favorezca la integración de las nuevas informaciones en la red conceptual de los alumnos.
- Como síntesis o recapitulación al final de una Unidad didáctica.

Textos de ciencia-ficción

Según el Grupo «Álkali» (1985,1986 y 1990), la utilización de la ciencia-ficción, bien de textos publicados o de historias inventadas por los alumnos o por el profesor, ofrece la posibilidad de:

- *Detectar las ideas previas de los alumnos.*
- *Contrastar las ideas personales con los conocimientos científicos.*
- *Plantear problemas abiertos, proporcionando un marco ficticio donde imaginar los hechos, analizar los conceptos y probar los principios.*
- *Desarrollar la capacidad de imaginar situaciones hipotéticas y de extrapolar a ellas los conocimientos científicos.*
- *Familiarizar a los estudiantes con el cálculo estimativo de magnitudes.*
- *Habituarse a los alumnos a la lectura comprensiva y a la expresión oral y escrita.*
- *Favorecer actitudes positivas hacia la ciencia.*

Textos de historia de la ciencia

La utilización de textos de historia de la ciencia puede servir (Gagliardi, 1988) para:

- Introducir en clase la discusión sobre la producción, la apropiación y el control de los conocimientos.
- Contrastar las ideas personales con los conocimientos científicos de épocas pasadas y actuales.
- Habituarse a los alumnos a la lectura comprensiva.
- Favorecer actitudes positivas hacia la ciencia.

Tradicionalmente, se ha venido considerando que la interacción profesor/alumno era la única importante para la adquisición de conocimientos. Al ser el profesor el agente educativo por excelencia, las relaciones en el aula deberían estar orientadas esencialmente hacia el trabajo individual. Las interacciones entre los alumnos y alumnas durante las actividades de aprendizaje debían ser neutralizadas al ser consideradas, en general, perjudiciales para el rendimiento escolar y perturbadoras para el buen funcionamiento de la clase. Sin embargo, durante los últimos años, como señala Ovejero (1990) en la revisión que hace sobre el tema, se están acumulando los datos que inciden en la importancia de la interacción entre los alumnos como motor del aprendizaje, sobre todo, si se tiene en cuenta una

Organización de la clase

serie de variables educativas de las que tradicionalmente no se considera su influencia; como el proceso de socialización, el papel del lenguaje en la interiorización de significados, etc.

Como ya hemos indicado también al definir las actividades, a la hora de establecer la organización de la clase para la realización de distintos tipos de trabajo, consideramos conveniente emplear métodos variados según la actividad. Es necesario el trabajo individual y a veces el aislamiento respecto a otros compañeros en situaciones como: lectura de textos, explicaciones del profesor, trabajos escritos, etc.

Pero, en otras ocasiones, el trabajo de grupo es fundamental, como se ha comentado al analizar el interés de algunas actividades y como justifica Perret-Clermont (1984), porque el progreso intelectual se produce al confrontar el punto de vista propio con las concepciones ajenas; o, como señalan Forman y Cazden (1984), porque el lenguaje ejerce una función reguladora de los procesos cognitivos, ya que al intentar formular verbalmente la representación propia, con el fin de comunicarla a los demás, nos obligamos a reconsiderar y reanalizar lo que pretendemos transmitir.

El trabajo en grupo favorece la interacción entre alumnos y entre los alumnos y el profesor. Según Coll (1984), se puede obtener una mejora significativa en los resultados de aprendizaje cuando existen puntos de vista moderadamente divergentes sobre la tarea que se va a realizar y si se produce un conflicto entre los alumnos.

En todo caso, algunos trabajos en pequeño grupo como pueden ser experiencias prácticas, informes de salidas fuera del aula, búsqueda de bibliografía, etc., facilitan enormemente la tarea de los alumnos y la evaluación del profesor.

La evaluación

La evaluación se concibe *como instrumento de aprendizaje y de mejora de la enseñanza*. En este sentido, la evaluación no debe limitarse a valorar el rendimiento de los alumnos, sino que debe evaluar todo el proceso de enseñanza, obteniendo información sobre las dificultades de aprendizaje que se estén produciendo y recabando los datos que permitan mejorar dicho proceso.

La evaluación debería cumplir una función de **regulación**, con la doble característica de **adecuación** de los procedimientos utilizados por el profesor a las necesidades y progresos de sus alumnos (lo que se ha venido denominando evaluación formativa) y de **autorregulación**, para conseguir que los estudiantes *vayan construyendo un sistema personal de aprender, asociado a la mayor autonomía posible*.

Con el fin de hacer viable este proceso de autorregulación es preciso que el profesor defina algunos elementos esenciales (Jorba y Sanmartí, 1993), de los que deben ser partícipes los estudiantes, como:

- La comunicación de los objetivos, planificando las actividades de forma que los alumnos comprendan sus intenciones; es decir, se les debe especificar qué es lo que se desea que aprendan en cada etapa del proceso.
- La anticipación y la planificación de la acción.
- La apropiación de los criterios e instrumentos de evaluación, comunicando a los alumnos las normas en que se basará ésta y comprobando la representación que éstos se hacen, pues en muchas ocasiones los criterios del experto no son los mismos que los de los estudiantes.

Los comentarios anteriores se refieren a la intervención de los alumnos en la evaluación. Como es obvio también el profesor debe tener información sobre los avances en los conocimientos de los estu-

diantes y sobre su propia programación. Es decir, debe poder reconocer la viabilidad de las actividades para conseguir que los alumnos aprendan lo que se había propuesto, o si es necesario introducir modificaciones. Debe poder reconocer, asimismo, si la Unidad en cuestión se adecúa al nivel de los estudiantes; determinar la dificultad de su aplicación práctica; la pertinencia del tiempo empleado; el interés que despierta el tema según el tratamiento dado; etc.

Algunas actuaciones son más propicias que otras para obtener este tipo de información, pero recordamos que un buen instrumento para el registro de estos datos es el diario del profesor en el que se puede anotar la duración de las actividades, las dificultades planteadas, las incidencias más relevantes, etc.

Evaluación de los alumnos

A estas alturas no cabe ninguna duda de que si hemos asumido la necesidad de aplicar estrategias variadas de enseñanza, también deben ser varias las técnicas de evaluación. Además, si queremos que la evaluación cumpla la función reguladora que hemos señalado, deberá llevarse en varios momentos del desarrollo de cada Unidad didáctica.

- Inicialmente, para saber el punto de partida de los estudiantes. Se pueden emplear técnicas diversas como cuestionarios, debates, etc.
- A lo largo del desarrollo de la Unidad, para reconocer la evolución del aprendizaje. Implica para el profesor y para el alumno una tarea de ajuste constante según los resultados que se vayan obteniendo.
- Al final, para definir el grado de comprensión de los contenidos del tema y la aplicación de los mismos (evaluación sumativa). En este caso, es preciso delimitar con claridad (Rodríguez Barreiro *et al.*, 1992) el campo que se desea medir, y emplear, en consecuencia, varios instrumentos de evaluación cuidando su fiabilidad y su validez.

Esta definición de los momentos de la evaluación, y su relación con las actividades, se recoge en la Figura 5.

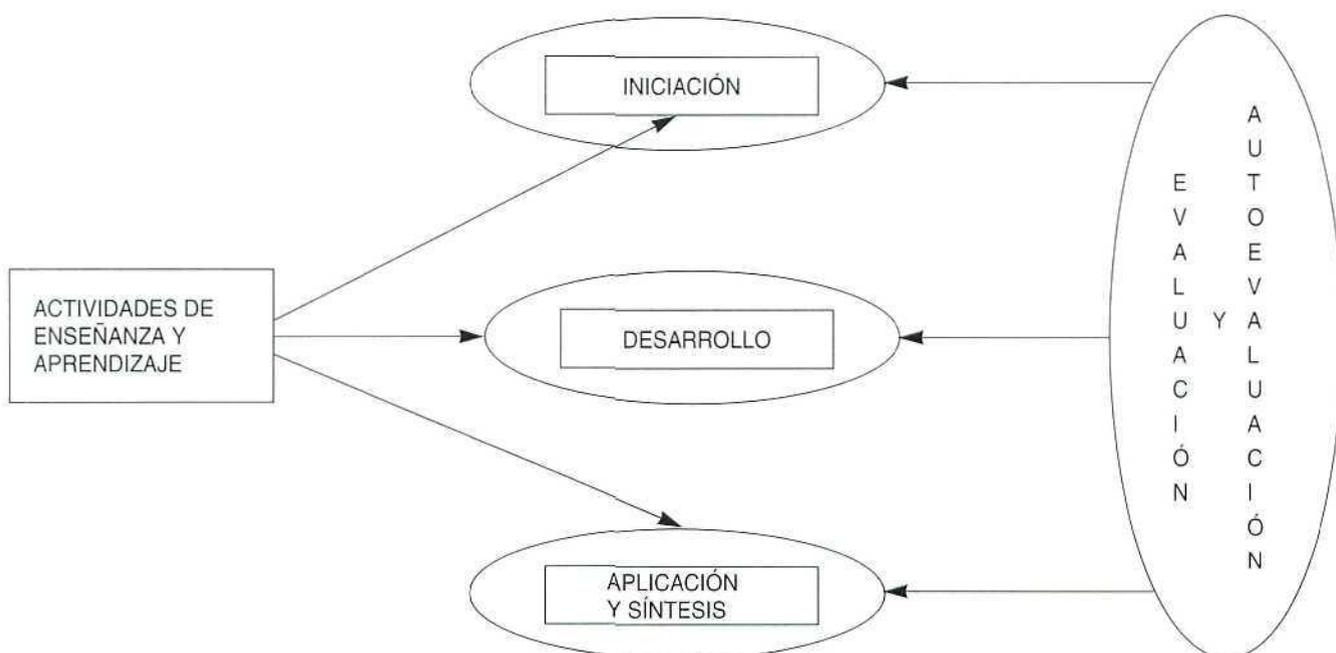


Figura 5. Representación de la participación de la evaluación en el proceso de enseñanza (elaboración propia).

Rodríguez Barreiro *et al.* (1992) señalan algunas de las pautas para la evaluación del aprendizaje de los alumnos, que podrían resumirse cómo se indica a continuación.

En la utilización de *pruebas escritas* conviene:

- Prepararlas con tiempo. La improvisación conduce a una validez limitada.
- Es aconsejable construir, previamente, una tabla de especificaciones. Se trata de establecer con claridad la diferencia entre conocimientos de hechos y conceptos (conocer los contenidos de la ciencia), de procedimientos (hacer ciencia) y de sus aplicaciones (conocer sobre la ciencia).

Respecto a la *valoración del aprendizaje de hechos o datos* se recomienda (Pozo, 1992) que el contexto de la evaluación se parezca lo más posible al contexto en que fueron enseñados. Ya que el aprendizaje de este tipo de contenidos es esencialmente memorístico, su recuperación se verá facilitada siempre que se propicien situaciones adecuadas.

En lo que atañe a la *evaluación de conceptos y principios científicos* la tarea es más ardua, pues se deben utilizar técnicas más complejas si queremos reconocer el grado de comprensión de los mismos. Probablemente, es necesario emplear simultáneamente cuestiones que soliciten definir significados, buscar analogías, identificar ejemplos, aplicar los conocimientos a la solución de problemas o a la interpretación de nuevos fenómenos o experiencias, hacer una exposición temática, etc.

En lo que se refiere a la *evaluación de procedimientos*, si se han llegado a compartir los criterios de realización de trabajos prácticos y pequeñas investigaciones, comentados anteriormente, la valoración de estos contenidos tendrá un referente claro en las «producciones» o cuadernos de prácticas de los alumnos, en los que se reconocerá:

- La identificación del problema.
- La planificación del trabajo o investigación.
- La selección de instrumentos o los tipos de observación realizados.
- El tratamiento de la información, la presentación de los datos.
- La exposición de resultados y conclusiones.

Respecto a la *valoración de las implicaciones de la ciencia en la sociedad* se puede recurrir a la interpretación de noticias de prensa, análisis de los avances tecnológicos, elaboración de informes, etc.

En el Anexo se presenta un conjunto de cuestiones o preguntas para evaluación en las que se pueden identificar conocimientos diferentes con el fin de atender a la diversidad de actividades del trabajo de clase.

En cuanto al *reconocimiento de la situación de aprendizaje en un momento dado* del estudio de un tema (función reguladora de la evaluación anteriormente comentada), una buena técnica es el empleo de mapas conceptuales. Como señala Novak (en Novak y Gowin, 1988) éste es un instrumento muy válido para «**aprender a aprender**», pues ayuda a los estudiantes a descubrir cómo organizan los conceptos, el tipo de relaciones que establecen entre los mismos, las regularidades que muestran entre los objetos y hechos, etc. La eficacia de los mapas conceptuales es mayor si los mismos estudiantes contrastan el tipo de mapas realizados por otros compañeros y si comparten las razones de la puntuación asignada (Fernández Manzanal, 1993).

Asumida la idea de que los mapas son una representación de la estructura cognitiva sobre un tema determinado, quizás uno de valores más importantes de los mapas conceptuales resida en su capacidad para proporcionar una información rápida sobre los conocimientos implicados en un momento dado (Fernández Manzanal y Rodríguez Barreiro, 1994). Por todo ello, recomendamos el empleo de los mapas como técnica de evaluación y de autoevaluación. (Respecto a la forma de calificar los mapas se puede ver un ejemplo en el Anexo 1.)

III. Programación

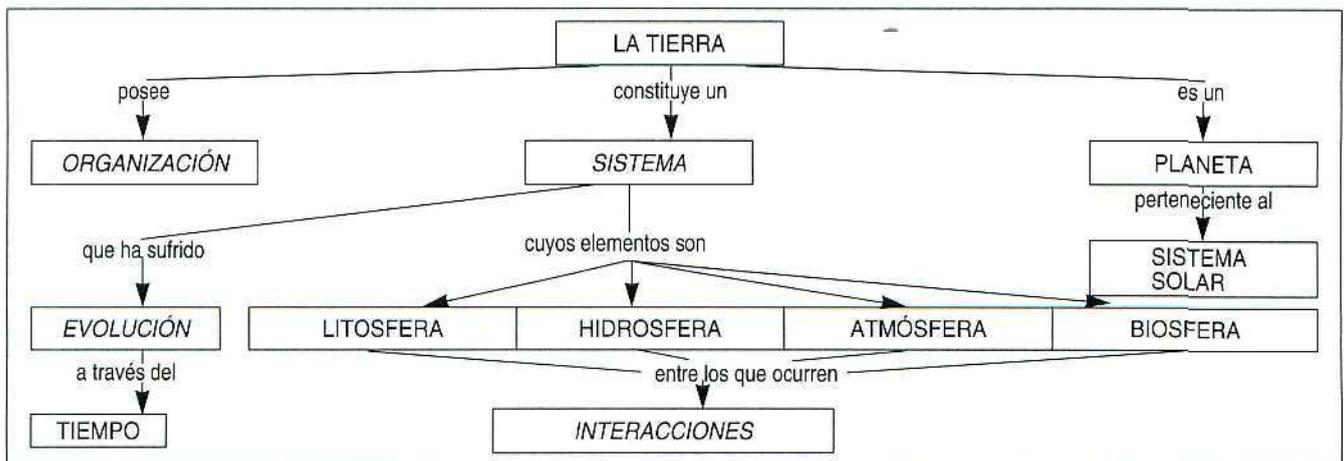
Como se señala en el currículo oficial de esta materia (Real Decreto 1179/1992), véase Anexo 2, la Biología y la Geología *comparten algunas características comunes, relativas a su espacio epistemológico, a sus métodos, a algunos de sus contenidos, a su valor funcional y educativo en el Bachillerato y a las conexiones con estudios superiores*. Sin embargo, junto a estos aspectos comunes coexisten otras características de cada ciencia. El hecho de programar conjuntamente ambas disciplinas supone, a nuestro juicio, resaltar sus aspectos comunes como los referidos a **aprender sobre la ciencia** y a **hacer ciencia** y, por tanto, como se indica en la introducción del currículo oficial, tratar los contenidos de los dos primeros núcleos temáticos de forma transversal a lo largo de todas las Unidades didácticas que se programen.

También será necesario indicar los conceptos estructurantes de los contenidos de ambas disciplinas. Los conceptos seleccionados de Biología *se refieren a los seres vivos y a los procesos de la vida*. En Biología se toma como núcleo central **el nivel de organismo** y dentro de él se pueden señalar como conceptos estructurantes **organización, interacciones y cambios (evolución)**. Los contenidos de Geología *hacen referencia a la estructura y dinámica de la Tierra*. Se toma como nivel central el planeta Tierra y se pueden identificar los mismos conceptos estructurantes: **organización, interacciones y cambios (evolución)**. Los mapas conceptuales de la *Figura 6* destacan los conceptos estructurantes comunes a las dos disciplinas que se estudian en esta asignatura.

Si se tienen en cuenta los aspectos anteriormente señalados, que justifican la presencia de las *dos disciplinas en esta materia específica del primer curso de Bachillerato, se puede optar por organizar los contenidos según distintos modelos, como por ejemplo:*

- Adoptar una **estructuración conceptual** bien teniendo en cuenta los conceptos estructurantes comunes a las dos disciplinas o bien organizando los contenidos según los conceptos propios de cada una de ellas pero sin perder de vista los conceptos estructurantes.

Posible organización y secuencia de los contenidos



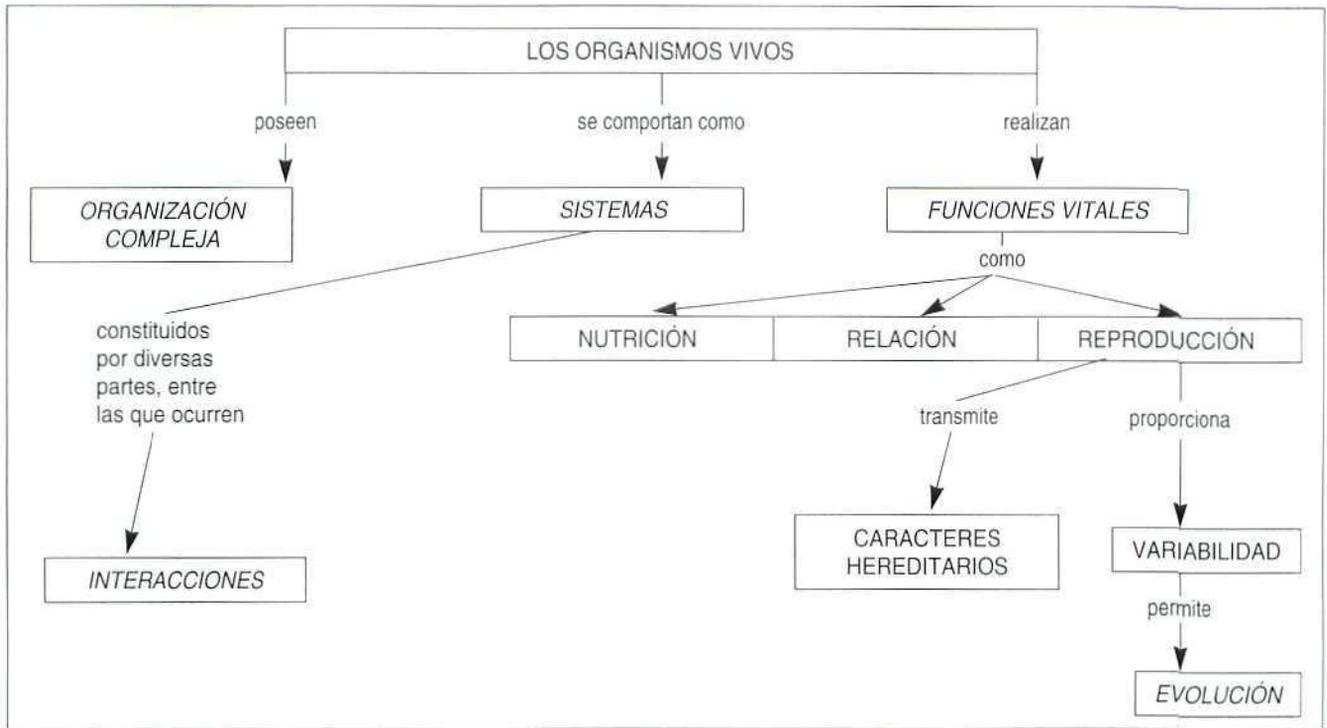


Figura 6. Mapas conceptuales con los conceptos de Geología y Biología, respectivamente (elaboración propia).

Optar por una orientación **Ciencia-tecnología-sociedad**. Con esta orientación se pueden diferenciar dos tendencias: la que partiendo de los conceptos estudia las aplicaciones prácticas y las implicaciones sociales, y la que estructura los contenidos en relación con los aspectos prácticos, culturales y sociales de la ciencia.

En esta programación, hemos optado por una estructuración conceptual introduciendo temas de ciencia-tecnología-sociedad en las Unidades didácticas (adoptando la orientación de algunos proyectos de CTS como el SATIS 16-19) y hemos programado las ocho Unidades didácticas que se presentan a continuación, indicando para cada una de ellas su distribución temporal. Queremos destacar que la valoración de la puesta en práctica de esta programación durante los cursos 1992-1993 y 1993-1994 nos ha permitido introducir modificaciones, tanto en el diseño original de las Unidades didácticas como en la distribución secuencial de las mismas, quedando de la manera que exponemos a continuación:

- **Unidad didáctica 1. El Planeta Tierra. Estructura y composición. Origen y evolución.**

Tiempo estimado: tres semanas.

Otras dos semanas se dedican a la realización de un **trabajo de campo**. Como señalamos en el desarrollo de la Unidad didáctica, esta actividad facilita que los alumnos comprendan que la Tierra ha experimentado grandes cambios a lo largo de su historia.

- **Unidad didáctica 2. La dinámica superficial de la Tierra. Teoría de la tectónica global.**

Tiempo estimado: tres semanas.

- **Unidad didáctica 3. Organización funcional de los seres vivos.**

Tiempo estimado: cuatro semanas.

- **Unidad didáctica 4. La perpetuación de la vida.**

Tiempo estimado: tres semanas.

- **Unidad didáctica 5. La herencia: un enfoque mendeliano.**

Tiempo estimado: tres semanas.

- **Unidad didáctica 6. Origen y evolución de los seres vivos**

Tiempo estimado: tres semanas.

- **Unidad didáctica 7. El mantenimiento de la vida. Los procesos de nutrición en animales y vegetales.**

Tiempo estimado: cinco semanas.

- **Unidad didáctica 8. El mantenimiento de la vida. Coordinación y control en los seres vivos.**

Tiempo estimado: tres semanas.

Como puede apreciarse todas las unidades han sido programadas para ser llevadas al aula en unas tres semanas lectivas, con excepción de la número 3 y la número 7. En el primer caso, la mayor dedicación temporal está justificada por ser ésta una Unidad de introducción a la Biología y al trabajo experimental a través del cual se tienen que fijar y reconocer los criterios de evaluación de las actividades prácticas; y en el segundo, por el número y la complejidad de los sistemas tratados.

Antes de pasar a desarrollar estas Unidades didácticas, queremos señalar que aun seleccionando el mismo modelo de organización de contenidos caben otras posibles secuencias de Unidades didácticas (recordamos que, según Patten y otros (1986), hasta el momento no se ha constatado que una macrosecuencia dé mejores resultados que otra, es decir, que sea mejor empezar por un tema y continuar por otro, o viceversa). Así, **El origen y evolución de los seres vivos** puede abordarse después de las dos primeras unidades, lo que permitiría destacar los aspectos biológicos y geológicos de la evolución de los seres vivos y establecer un puente de unión entre los contenidos de Biología y Geología. También es posible invertir el orden de las cinco últimas unidades, estudiando en primer lugar los procesos de nutrición y la coordinación de los seres vivos. En la *Tabla IV* se presentan otras dos posibles distribuciones secuenciales de unidades didácticas.

Unidad 1. El Planeta Tierra. Estructura y composición. Origen y evolución.	Unidad 1. El Planeta Tierra. Estructura y composición. Origen y evolución.
Unidad 2. La dinámica superficial de la Tierra. Teoría de la tectónica global.	Unidad 2. La dinámica superficial de la Tierra. Teoría de la tectónica global.
Unidad 3. Aspectos biológicos y geológicos de la evolución de los seres vivos.	Unidad 3. Organización funcional de los seres vivos.
Unidad 4. Organización funcional de los seres vivos.	Unidad 4. El mantenimiento de la vida. Los procesos de nutrición en los animales y vegetales.
Unidad 5. El mantenimiento de la vida. Los procesos de nutrición en los animales y vegetales.	Unidad 5. El mantenimiento de la vida. Coordinación y control de los seres vivos.
Unidad 6. El mantenimiento de la vida. Coordinación y control de los seres vivos.	Unidad 6. La perpetuación de la vida.
Unidad 7. La perpetuación de la vida.	Unidad 7. La herencia: un enfoque mendeliano.
Unidad 8. La herencia: un enfoque mendeliano.	Unidad 8. Origen y evolución de los seres vivos.

Tabla IV. Dos secuencias distintas de unidades didácticas.

A continuación, se propone un desarrollo de la programación indicada en el apartado anterior. En cada Unidad didáctica se incluye una introducción, los objetivos didácticos, los contenidos, sugerencia de actividades de enseñanza y aprendizaje y criterios de evaluación. Las cuestiones y problemas que se presentan en cada Unidad tienen una acepción muy amplia y no responden, más que en algunos casos, a su significado científico. A veces llamamos «problemas» a ejercicios donde se trata de buscar un algoritmo, o fórmula, que resuelva una pregunta. Los problemas (en el sentido expresado en el Capítulo II, apartado 3), van más allá de esta formulación. Como señala Caballer (1993), *la propuesta de trabajos con problemas se acerca a la presentación de situaciones que no tienen solución, delante de la cual se pueden seguir procedimientos intelectuales hipotético-deductivos, es decir, situaciones en las que los estudiantes pueden razonar, discutir, argumentar con los conceptos que ya conocen y trabajar en términos de hipótesis y análisis de factores que intervienen en una situación*. Algunos de los problemas que proponemos tienen esta característica, para otros se espera que los alumnos encuentren una respuesta a partir del tratamiento experimental y para otros, en fin, la respuesta está dada y sólo se trata de que los estudiantes la identifiquen. La mayor o menor dedicación a unos u otros tipos de problemas dependerá del profesor y, por supuesto, del tiempo.

Los criterios de evaluación responden a los enunciados en el currículo oficial de esta materia (Real Decreto 11791/1992). Por ello, no debe extrañar que aparezcan enunciados de la misma forma, aunque referidos a contenidos distintos, cuando se trata de evaluar el mismo tipo de conocimiento: declarativo, de aplicación de ideas, de interpretación de las explicaciones científicas, etc.

Unidad 1

«El planeta Tierra. Estructura y composición. Origen y evolución»

Teniendo en cuenta que las ideas sobre el origen y evolución de la Tierra presentan un alto grado de dificultad, consideramos más asequible comenzar esta Unidad estudiando su estructura y composición. En este punto se prestará especial atención a los métodos de estudio del interior de la Tierra, especialmente a los métodos sismológicos que permiten deducir la diferenciación en capas del planeta.

A continuación, se puede presentar la Tierra como un planeta del Sistema Solar, lo cual ayudará a comparar las características de la Tierra con las de los otros planetas relacionándolas con la existencia de vida. Se introducirán, asimismo, las concepciones actuales sobre el origen del Sistema Solar y de la Tierra.

El hecho de abordar el problema de la edad de la Tierra contribuirá a introducir la noción del tiempo en Geología y la idea de que el planeta ha ido cambiando desde su origen.

Objetivos didácticos

El estudio de esta unidad deberá dar oportunidad a los alumnos de:

- Interpretar datos proporcionados por los diferentes métodos de estudio del interior de la Tierra.
- Conocer las concepciones actuales sobre la estructura y composición de la Tierra.
- Comparar las características de la Tierra con las de los otros planetas del Sistema Solar.
- Conocer las ideas actuales sobre el origen del planeta Tierra.
- Valorar la importancia de los avances tecnológicos en el desarrollo del conocimiento sobre la estructura de la Tierra y sus características planetarias.
- Conocer las diferentes ideas sobre la edad de la Tierra que han existido a largo de la historia.

Contenidos

1. La estructura y composición de la Tierra. Métodos de estudio del interior de la Tierra.
2. La Tierra como planeta del Sistema Solar. Concepciones sobre el Sistema Solar: sistema ptolomeico, modelo copernicano, conocimientos actuales. Comparación de las características de los planetas del Sistema Solar.
3. Teorías sobre el origen del Sistema Solar y del planeta Tierra.
4. La edad de la Tierra. La evolución de la Tierra desde su origen.

Las siguientes cuestiones y problemas pueden utilizarse para introducir los apartados y subapartados de la Unidad:

- ¿Cuál es la estructura de la Tierra?
- ¿Cómo se puede estudiar la estructura de la Tierra?
- ¿Qué tipo de datos acerca de la Tierra han obtenido los científicos mediante el estudio de los planetas?
- ¿Cómo se originaron el Sol y los planetas?
- ¿Cuál es la edad de la Tierra?
- ¿Qué información nos proporcionan los fósiles?
- ¿Cómo representamos el tiempo en Geología?
- ¿Qué cambios ha experimentado una determinada región a lo largo de su historia?

Sugerencia de actividades

Para el estudio de la estructura de la Tierra pueden proponerse actividades de **análisis e interpretación de datos** proporcionados por distintos métodos de estudio: datos directos sobre la densidad superficial de la Tierra y datos indirectos sobre la densidad media de la Tierra; interpretación de gráficas de variación de la velocidad de las ondas sísmicas en el interior de la Tierra; interpretación de tablas y gráficas que relacionen la temperatura con la profundidad; interpretación de gráficas de variaciones de densidad en función de la profundidad. Otro tipo de actividad que se puede realizar es la **simulación del proceso de diferenciación en capas** ocurrido en los primeros momentos de la formación de la Tierra. Una descripción de esta actividad se puede encontrar en Pedrinaci (1994).

La utilización de **vídeos**, puede resultar de gran interés para abordar el estudio de la Tierra como planeta del Sistema Solar y el origen del Sistema Solar. Los episodios «Relatos de otros mundos» y «El mar solar» de la serie Planeta Tierra (IBM) proponen una serie de actividades que se pueden realizar antes y después de la proyección de los vídeos.

El uso de **textos históricos** de Geología (textos de las distintas concepciones sobre la estructura del Sistema Solar, textos sobre la edad de la Tierra) es una estrategia muy adecuada para abordar estos contenidos.

Por último, puede ser muy útil el **trabajo de campo** planteado para tratar el siguiente problema: *¿qué cambios ha experimentado una determinada región a lo largo de su historia?* Esta actividad permite la realización de una serie de **ejercicios prácticos**: reconocimiento de rocas, fósiles, estructuras geomorfológicas y estructuras tectónicas; interpretación de mapas geológicos; construcción de colum-

nas estratigráficas; etc. Si bien puede pensarse que estos contenidos no forman parte del currículo de esta materia de Bachillerato, a nuestro juicio el abordar los cambios geológicos que pueden ser estudiados directamente por los alumnos facilita la comprensión de que la Tierra ha experimentado grandes transformaciones a lo largo de su historia y ayuda a propiciar el cambio desde concepciones «fijistas» a concepciones «movilistas», además de favorecer la relación de estos contenidos con los de la siguiente Unidad.

Criterios de evaluación

- **Aplicar las principales teorías sobre el origen y evolución de la Tierra para explicar las características geológicas de la misma.**

Se trata de comprobar que los alumnos y alumnas no sólo conocen las principales teorías actuales sobre el origen de la Tierra, sino que las utilizan para interpretar datos sobre sus características geológicas.

- **Aplicar las estrategias propias del trabajo científico para la resolución de problemas relativos a la estructura y composición de la Tierra.**

Se trata de comprobar que en la resolución de problemas relativos a la estructura y composición de la Tierra, los alumnos, a partir de datos de diferente naturaleza, como los cambios de velocidad de las ondas sísmicas o de la densidad de los materiales, son capaces de plantear el estudio cualitativo de la situación, de emitir hipótesis, de analizar resultados, etc.

Unidad 2

La dinámica superficial de la Tierra. Teoría de la tectónica global

En esta Unidad se plantea el estudio de la dinámica superficial de la Tierra desde la perspectiva de la tectónica global, actual gran paradigma de la Geología.

La «revolución científica» que supuso la aceptación de la teoría de la tectónica global, hace que los contenidos de esta Unidad sean muy adecuados para que los alumnos aprendan sobre la naturaleza de la ciencia.

Objetivos didácticos

El desarrollo de los contenidos de esta Unidad deberá dar oportunidad a los alumnos de:

- Conocer los datos que condujeron a la elaboración de la teoría de Wegener y debatir sobre su escasa aceptación.
- Realizar un seguimiento de la construcción de la teoría de la tectónica global, identificando la naturaleza cambiante de la ciencia.
- Conocer los fundamentos de la teoría de la tectónica global.
- Analizar datos paleontológicos, paleomagnéticos y litológicos e interpretarlos en el contexto de la tectónica global.
- Formular explicaciones sobre el origen de volcanes, seísmos, procesos orogénicos, movimiento de los continentes, etc., en el marco de la tectónica global.
- Valorar la importancia de la teoría de tectónica global en la previsión de desastres naturales.

Contenidos

1. Las teorías geológicas «fijistas» sobre los continentes: teoría de la contracción de la Tierra.
2. Teorías movillistas.
 - 2.1. Teoría de la deriva continental: la «Hipótesis imposible» de Wegener.
 - 2.2. Estudios que propiciaron el cambio de paradigma:
 - Estudios del fondo oceánico.
 - Estudios paleomagnéticos.
 - 2.3. Modelo de la expansión del fondo oceánico de Hess y Dietz.
 - 2.4. Teoría de la tectónica global:
 - Estructura de las placas litosféricas: bordes constructivos, destructivos y pasivos.
 - Mecanismos de movimiento de las placas litosféricas.
 - Consecuencias del movimiento de las placas: terremotos y volcanes. El desplazamiento de los continentes. Procesos orogénicos.

Las siguientes cuestiones y problemas pueden utilizarse para introducir los apartados y subapartados de la Unidad:

- ¿Se mueve la tierra?
- Terremotos y volcanes, ¿una casualidad?
- ¿Qué teoría sobre la dinámica global de la Tierra es la admitida actualmente? ¿Cómo se llegó a construir dicha teoría?
- ¿Cómo estaban los continentes en el Paleozoico?

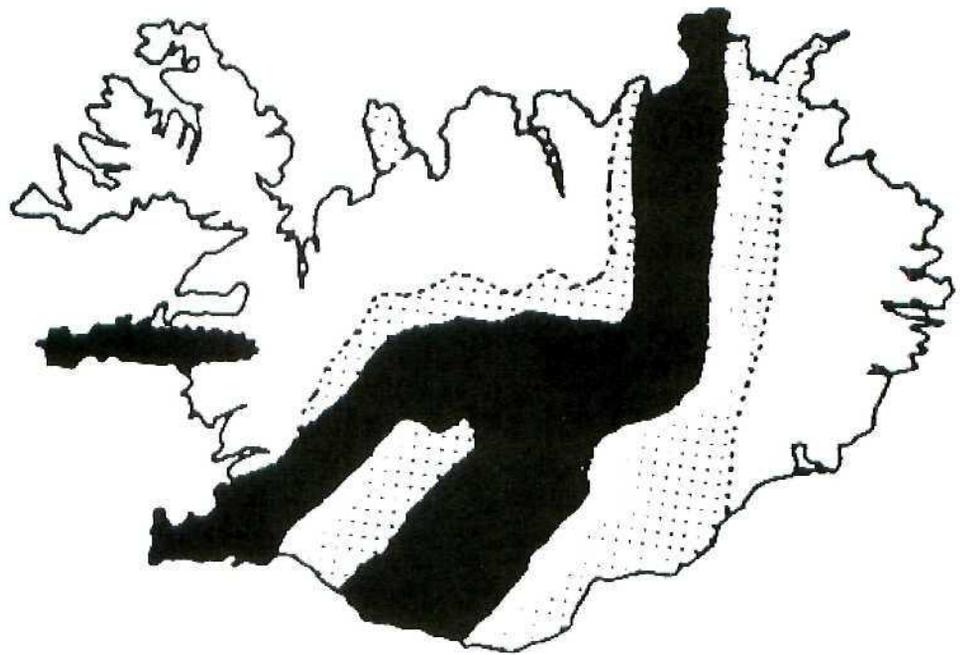
Sugerencia de actividades

El enfoque histórico, utilizando **textos** que recojan el desarrollo de las ideas sobre la dinámica superficial de la Tierra durante los últimos siglos, puede ser útil para abordar los contenidos de esta Unidad. Se puede proponer que cada apartado sea trabajado por un grupo de alumnos, los cuales deberán exponerlo al resto de la clase. El profesor suministrará a los distintos grupos la documentación pertinente. Para facilitar la elaboración de los guiones de trabajo recomendamos la utilización de textos de Hallan (1985) y Miller (1988).

El episodio «La máquina viviente» de la serie Planeta Tierra (IBM) tiene un enfoque similar al que hemos propuesto, por lo que puede ser empleado para completar la información de los textos; también incluye otras actividades que pueden ayudar al profesor a plantear tareas para su realización antes y después de la proyección del vídeo.

Proponemos también los siguientes **ejercicios prácticos**: estudio de mapas evolutivos de la corteza terrestre, construcción de un modelo de fallas transformantes, análisis de datos paleontológicos, paleomagnéticos y litológicos e interpretación de los mismos en el contexto de la teoría de la tectónica de placas. Por ejemplo:

- *En el esquema de la Figura 7 que representa el mapa geológico de la isla de Islandia, aparecen datos que apoyan la teoría de la tectónica global.*



- ZONAS VOLCÁNICAS CUATERNARIAS RECIENTES.
- ▨ ZONAS VOLCÁNICAS CUATERNARIAS MÁS ANTIGUAS.
- ZONAS VOLCÁNICAS Terciarias.

Figura 7. Esquema del mapa geológico de Islandia (adaptado de las Pruebas de aptitud para el acceso a la Universidad. Curso 1987-1988. MEC. Colección Documentos y materiales de trabajo).

¿Cuáles son dichos datos y en qué aspectos de la Tectónica de Placas encuentran su explicación?

- El estudio de la potencia de los sedimentos depositados sobre las rocas del fondo oceánico aporta la información siguiente:

<i>Distancia al eje de la dorsal (Km)</i>	<i>Potencia de sedimentos (m)</i>
550	215
1.300	410
2.080	415
3.300	480

¿De qué manera estos datos pueden utilizarse como prueba de la expansión de los fondos oceánicos?

Por último, se pueden proponer actividades de **búsqueda de información** sobre los terremotos y erupciones volcánicas recientes, y **debates** sobre las causas, la previsión y las consecuencias de los desastres naturales.

Criterios de evaluación

- **Aplicar la Teoría de la Tectónica Global a diversas situaciones, siendo consciente de su valor como teoría de síntesis de amplio poder explicativo, aunque conociendo sus limitaciones y su campo de aplicación.**

Las alumnas y los alumnos deben conocer las ideas principales de la Teoría de la Tectónica Global para poder aplicarlas a la interpretación de algunos aspectos actuales de la Tierra. Analizando las características de las placas litosféricas, sus bordes y movimientos, deberán explicar la presencia de volcanes, expansión de océanos, formación de cordilleras, etc. Deben ser conscientes, además, de que existen fenómenos que esta teoría no es capaz de explicar.

- **Explicar el carácter provisional de las explicaciones científicas a partir del análisis de las distintas concepciones que han existido sobre la dinámica cortical, indicando el peso de las razones extracientíficas en el mantenimiento de algunas de estas concepciones.**

Se trata de comprobar que los alumnos, ante las distintas explicaciones que se dan a un problema científico, son capaces de comprender el carácter provisional de cada una de ellas, asumiendo que ninguna explicación se puede considerar definitiva, sino que está sometida a revisiones continuas.

Unidad 3

Organización funcional de los seres vivos

Se trata de una Unidad de introducción a la Biología que cumple una doble función: activar los conocimientos adquiridos por los alumnos en la Educación Secundaria Obligatoria y servir de marco de presentación de los contenidos de este curso, que se centran en el estudio de los organismos como sistemas constituidos por partes diversas que interactúan entre sí y con el medio externo.

En este tema se presenta la organización de los seres vivos y su clasificación, con particular atención a los animales y vegetales, cuyas funciones y relación con el medio son aspectos recurrentes en sucesivos capítulos. Por ello, nos interesa remarcar de manera especial la siguiente noción: los organismos interactúan con el ambiente (al que modulan), y el ambiente con los organismos. Partiendo de la idea de que los organismos no están previstos para el presente o futuro sino que son consecuencia del pasado, nos planteamos presentar en esta Unidad algunas adaptaciones de los seres vivos al medio y analizar las consecuencias visibles de las variaciones controladas de éste.

Contenidos

1. Organización de los seres vivos.
2. Niveles de organización de los seres vivos.
 - Composición química de los seres vivos.
 - Las células.
 - Seres unicelulares y pluricelulares.
 - La diferenciación celular. Los tejidos.
3. Las funciones de los seres vivos y sus relaciones con el medio.

- Particularidades del medio ambiente terrestre: análisis de los componentes esenciales para el desarrollo de la vida en la tierra.
 - Particularidades del medio ambiente acuático: análisis de los componentes esenciales para el desarrollo de la vida en el agua.
4. Estudio de las características adaptativas de los organismos vegetales. Estudio de las características adaptativas de los organismos animales.

Sugerencia de actividades

Algunas cuestiones y problemas que pueden orientar la propuesta de actividades que se enuncian a continuación son las siguientes:

- ¿Son todas las células iguales?
- ¿Qué diferencias encontraríamos si «mirásemos en el interior» de una célula vegetal y de una célula animal?
- ¿Cómo medir las variaciones de los componentes del medio terrestre y del acuático que influyen en los seres vivos?

Se podrían considerar las siguientes actividades:

- Toma de muestras de organismos del suelo y del agua.
- Empleo de claves de identificación, especialmente preparadas para la clasificación de los organismos de las muestras.
- Observación microscópica de las diferencias celulares de organismos vegetales y animales.
- Observación y análisis de las características adaptativas de los organismos vegetales de las muestras.
- Observación y análisis de las características adaptativas de los organismos animales de las muestras.
- Estudio experimental de modificación de un factor del medio y su influencia en los seres vivos.
- Determinación de cuáles son los factores limitantes para los vegetales de las muestras.
- Determinación de cuáles son los factores limitantes para los animales de las muestras.
- Simulación de itinerarios por el interior de las células y realización de informes.

Las «plantas de ciclo corto» (*Brassica rapa*, por ejemplo) ofrecen muy buenas oportunidades para realizar las investigaciones que se proponen. (Se pueden solicitar al Centre de Documentació i Experimentació de Ciències. Departament d'Ensenyament. Generalitat de Catalunya.)

A falta de acuarios, las muestras de agua dulce se mantienen durante varios días en recipientes de vidrio y permiten la realización de las pruebas experimentales comentadas.

Criterios de evaluación

En el currículo oficial de esta materia (Real Decreto 1179/1992) no aparecen criterios de evaluación específicos para este tema. Al ser ésta una Unidad de introducción a la Biología, nos parece conveniente precisar algunos criterios de evaluación que serán constantes a lo largo del estudio de todos los temas y, lo que es más importante, intentaremos que los estudiantes «hagan suyos» dichos crite-

rios. Con frecuencia los profesores podemos reconocer que los alumnos no interpretan nuestras sugerencias sobre el trabajo que hay que realizar del modo en que lo habíamos propuesto. Las actividades de laboratorio dan pruebas de ello cuando descubrimos con sorpresa que los estudiantes «ven» distintas cosas que las que aparecen en las muestras, o «comproban» fenómenos de los que tenemos certeza que no se pueden obtener en las condiciones de laboratorio.

Se trata ahora de que definamos con claridad aquello en que queremos que fijen su atención y, sobre todo, que sean los alumnos quienes hagan explícito lo que han visto. Para incidir en ello, proponemos las actividades de evaluación centradas en los aspectos siguientes.

Ante las preparaciones microscópicas los estudiantes deben definir:

- ¿Qué esperan ver en una célula vegetal?
- ¿Qué esperan ver en una célula animal?
- ¿Qué «se espera» que vean?
- ¿Coinciden sus previsiones con lo que realmente observan?
- ¿Por qué no se puede ver lo que dicen los libros que tienen las células?

Se evaluarán los resultados del trabajo presentado en el cuaderno de clase.

Ante el análisis de las adaptaciones de los seres vivos de las muestras, los estudiantes deben reconocer:

- Cuáles son las características adaptativas que permiten la vida en el agua de algunos vegetales y de algunos animales.
- Cuáles son las características adaptativas que permiten la vida en la tierra de los vegetales de las muestras.

Se trata de identificar, en cualquier caso, que tales características han venido determinadas por la adaptación a un medio que ha actuado a modo de filtro, a través del que han pasado las combinaciones de caracteres hasta llegar al momento actual.

Ante los diseños experimentales para determinar qué componente abiótico se constituye en factor limitante para los organismos, se trata de evaluar:

- Cómo plantean el problema.
- Su previsión de las variables que intervienen y cómo se pueden controlar.
- La eficacia de la propuesta experimental para determinar la influencia del factor seleccionado.
- La realización del experimento, la toma de datos, etc.
- La extracción de conclusiones y la comunicación de las mismas.

Esta propuesta de trabajo experimental puede desarrollarse eligiendo la pauta más adecuada a las capacidades de los alumnos, según se ha comentado en el apartado «**Hacer ciencia**».

Unidad 4

La perpetuación de la vida

Se trata de que los alumnos profundicen en el concepto de reproducción relacionando esta función con la perpetuación de la especie, la transmisión de los caracteres hereditarios y la variabilidad de los seres vivos.

Entre las ideas previas sobre reproducción más extendidas entre los estudiantes hay que destacar las concepciones antropocentristas, mediante las que se relaciona reproducción sexual con fecundación interna o cópula. Dichas concepciones llevan a considerar que los vegetales no se reproducen sexualmente. Por esta razón, creemos necesario destacar los dos grandes tipos de reproducción (asexual y sexual) señalando su significado evolutivo y estudiar, además de la reproducción en la especie humana, ejemplos representativos de reproducción tanto en animales como en vegetales.

Como en las otras Unidades relacionadas con las funciones de los seres vivos, será necesario clarificar el papel de la células en la reproducción y presentar la división celular como proceso subyacente a la reproducción.

Objetivos didácticos

El estudio de esta Unidad debe dar oportunidad a los alumnos de:

- Conocer que los seres vivos pasan por distintas etapas a lo largo de su vida, que constituyen su ciclo vital.
- Conocer que una de las características de los seres vivos es su capacidad de originar seres iguales o muy parecidos a ellos.
- Diferenciar la reproducción sexual de la asexual, valorando las ventajas e inconvenientes de cada tipo de reproducción.
- Relacionar la reproducción de los seres vivos con los procesos de división celular (mitosis y meiosis).
- Observar aparatos y órganos reproductores de animales y plantas.
- Realizar investigaciones sobre la reproducción de algunos seres vivos (por ejemplo, de microorganismos).
- Conocer las aplicaciones prácticas de los conocimientos sobre la reproducción para la obtención de especies que producen beneficios económicos y sociales.
- Valorar las repercusiones sociales y las implicaciones éticas de la intervención en la reproducción humana.

Contenidos

1. El ciclo vital de los seres vivos. La reproducción dentro de ese ciclo.
2. Reproducción asexual: estudio de ejemplos en plantas y animales.
3. Estudio breve de la mitosis como proceso subyacente a la reproducción asexual, al desarrollo y al crecimiento.
4. Reproducción sexual: gametos.
5. Gametogénesis: estudio breve de la meiosis como proceso subyacente a la reproducción sexual.
6. Estudio de la reproducción humana: espermatogénesis, ovogénesis, fecundación y desarrollo embrionario.
7. La reproducción sexual en otros animales.

8. Modelos de ciclos reproductores en vegetales.
9. Ventajas e inconvenientes de la reproducción sexual frente a la asexual.
10. Repercusiones sociales e implicaciones éticas de la intervención humana sobre la selección de especiales y la reproducción.

Sugerencia de actividades

Planteamiento de problemas de la vida cotidiana del tipo:

- Muchas veces habrás observado que el pan húmedo aparece al cabo de unos días cubierto de un hongo con aspecto de polvo de color negro (moho del pan), ¿de dónde procede ese moho?
- Dos perros pastores alemanes se aparearon y produjeron descendencia. La madre era de color blanco y el padre de color marrón oscuro. Tuvieron cuatro crías, una blanca, una marrón oscura y dos marrón claro. ¿Cómo se explica este resultado?
- A Pedro le gustan tanto los geranios de casa de María, que le pide un esqueje para plantarlo y poder tener un geranio como los suyos. ¿Podrías explicar cómo se puede conseguir una planta entera a partir de un trozo de tallo?
- Raquel y Susan, son hermanas, ¿por qué sólo se parecen y no son idénticas?
- Un jardinero tiene dondiegos con flores de color rojo y dondiegos con flores de color blanco. Quiere conseguir dondiegos con flores de color rosa, ¿podrá conseguirlo?
- Si una estrella de mar es dividida en dos partes iguales, cada una de ellas genera el fragmento que le falta, originándose dos nuevas estrellas. ¿Crees que esto es posible o se trata de ciencia-ficción?

Este tipo de actividades puede ser útil para motivar a los alumnos y para reconocer sus concepciones sobre reproducción. A la vez, algunas de las ideas derivadas de sus comentarios se deberán tener en cuenta al desarrollar la Unidad siguiente.

Los **medios audiovisuales**, diapositivas y vídeos, pueden emplearse como fuente de información para dar respuesta a las cuestiones que se vayan planteando a lo largo de la Unidad, por ejemplo: *¿La reproducción sexual es exclusiva de los animales? ¿Qué función tienen los órganos sexuales? ¿Cómo se unen los gametos? ¿Cómo se desarrolla el nuevo ser?*, etc. De igual modo, pueden utilizarse los programas informáticos educativos sobre estos contenidos.

En esta Unidad incluimos trabajos prácticos de dos tipos: **análisis de preparaciones microscópicas**, como por ejemplo, observación de esporofitos, esporangios, flores, frutos, etc., e **investigaciones**, cómo determinar los factores que influyen en la germinación de las semillas, o sobre la reproducción de los microorganismos, etc.

El apartado de intervención humana en la reproducción permite abordar algunos problemas de ciencia-tecnología-sociedad: *clonación, reproducción asistida, control de natalidad, trasplante de embriones, etc.* Se puede proponer el **estudio de casos** y **debates** sobre estos temas.

Algunos **textos históricos** que permiten desentrañar la controversia entre los preformacionistas y los epigenistas, ayudan a discutir sobre la naturaleza de la ciencia y contribuyen a comprender cómo se llegó a construir el concepto de fecundación (véase a este respecto, Giordan y otros, 1988).

Criterios de evaluación

- **Indicar las ventajas que aporta la reproducción sexual sobre la asexual, determinando algunas aplicaciones prácticas derivadas del conocimiento del proceso reproductor en los seres vivos.**

Se trata de comprobar que las alumnas y los alumnos entienden la ventaja que supone para la supervivencia la aportación genética de ambos gametos y son capaces de conocer algunas aplicaciones prácticas que se derivan del conocimiento de la reproducción en medicina, como la fertilización in vitro o la fertilización asistida, y en agricultura, como la clonación de las plantas.

- **Diseñar y realizar pequeñas investigaciones sobre la reproducción de los seres vivos, contemplando algunos procedimientos del trabajo científico: planteamiento preciso del problema, formulación de hipótesis contrastables, diseño y realización de experiencias, y análisis y comunicación de resultados.**

Se trata de comprobar que los alumnos, a partir de los trabajos o investigaciones propuestas en el estudio del tema, son capaces de llevar a cabo algunos de los procedimientos propios del trabajo científico, desde el planteamiento del problema hasta la comunicación de resultados.

- **Explicar el carácter provisional de las explicaciones científicas a partir del análisis de las distintas concepciones que han existido sobre la reproducción de los seres vivos, indicando el peso de las razones extracientíficas en el mantenimiento de algunas de estas concepciones.**

Se trata de comprobar que los alumnos, ante las distintas explicaciones que se dan a un problema científico, son capaces de comprender el carácter provisional de cada una de ellas, siendo conscientes de que ninguna explicación se puede considerar definitiva, sino que está sometida a revisiones continuas. También deben comprender que el mantenimiento de una determinada concepción depende en parte de condicionamientos sociales y políticos del momento.

- **Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas biológicos relevantes en la sociedad.**

Se pretende saber si las alumnas y alumnos son capaces de buscar bibliografía, adecuada a su preparación, referente a temas de actualidad, como la intervención humana en la reproducción, y de estructurar el trabajo de manera adecuada.

Unidad 5

La herencia: un enfoque mendeliano

En el capítulo siguiente se desarrolla más ampliamente esta Unidad didáctica, por lo que aquí sólo se presentan los objetivos didácticos, los contenidos y los criterios de evaluación.

Objetivos didácticos

Al desarrollar estos contenidos los alumnos podrán:

- Conocer que la transmisión de los caracteres hereditarios responde a leyes naturales y que la información genética está localizada en los cromosomas.

- Aplicar las leyes de Mendel a la resolución de problemas sencillos.
- Valorar la aportación de Mendel, con sus experimentos, sus hipótesis y su innovadora aplicación de la estadística, al estudio de la herencia.
- Conocer el papel de las mutaciones en la variabilidad de las poblaciones, valorando las aportaciones de la genética a la teoría de la evolución.
- Conocer algunas aplicaciones de la genética en la sociedad actual: mejora de las especies, tratamiento de las enfermedades.
- Valorar críticamente las consecuencias ecológicas y éticas de algunas técnicas genéticas.

Contenidos

1. La transmisión de los caracteres hereditarios a través de la reproducción.
2. Aportaciones de Mendel al estudio de la herencia.
3. Teoría cromosómica de la herencia.
4. Genética humana
 - Alelismo múltiple: herencia de los grupos sanguíneos¹. Determinación del sexo.
 - Herencia ligada al sexo.
5. Introducción al concepto de mutación.
6. Algunas aplicaciones de la genética en la sociedad actual: mejora de las especies y tratamiento de enfermedades.

Criterios de evaluación

- **Aplicar los mecanismos de transmisión de los caracteres hereditarios, según las hipótesis mendelianas y la teoría cromosómica de la herencia, a la interpretación y resolución de problemas relacionados con la herencia.**

Se trata de comprobar que los alumnos conocen las razones de los fenómenos hereditarios y su explicación científica. Además, deben conocer el interés histórico de las aportaciones mendelianas y la teoría cromosómica de la herencia, con el fin de poder realizar una interpretación de los fenómenos hereditarios a nivel subcelular. Y deben poder aplicar estos conocimientos a ejemplos concretos de herencia humana, de animales y plantas.

- **Explicar el carácter provisional de las explicaciones científicas a partir del análisis de las distintas concepciones que han existido sobre la transmisión de los caracteres hereditarios, indicando el peso de las razones extracientíficas en el mantenimiento de algunas de estas concepciones.**

Se trata de comprobar que los alumnos, ante las distintas explicaciones que se dan a un problema científico, son capaces de comprender el carácter provisional de cada una de ellas, siendo conscientes de que ninguna explicación se puede considerar definitiva, sino que está sometida a revisiones continuas. También deben comprender que el mantenimiento de una determinada concepción depende en parte de condicionamientos sociales y políticos del momento.

¹ Contenido que no se halla presente en el Real Decreto 1179/1992, por el que se estable el currículo de Bachillerato.

- **Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas biológicos relevantes en la sociedad.**

Se pretende saber si las alumnas y alumnos son capaces de buscar bibliografía, adecuada a su preparación, referente a temas de actualidad, como la utilización de técnicas genéticas, y de estructurar el trabajo de manera adecuada.

Unidad 6

Origen y evolución de los seres vivos

Como se sabe, la evolución es uno de los conceptos unificadores de la biología. Esta interpretación aconsejaría su introducción al comienzo de todas las Unidades de esta disciplina con el fin de proporcionar un marco teórico para el estudio de la Biología. No obstante, los obstáculos derivados de la falta de conocimientos previos fundamentados en la transmisión hereditaria y en el papel de la reproducción sexual en la variabilidad genética nos aconsejan el tratamiento de estos contenidos después del estudio de dichos temas. Lo cual no supone, como en el resto de la programación, que ésta sea la única distribución secuencial de los contenidos, sino que son posibles distintas opciones siempre y cuando dejemos a los alumnos el tiempo suficiente para reflexionar sobre los aspectos estudiados y para establecer relaciones entre los mismos. Por otra parte, los contenidos de esta Unidad se pueden y deben relacionar también con los abordados en las Unidades de Geología.

Atendiendo a las concepciones de los alumnos, las investigaciones en didáctica de la Biología muestran que, respecto al origen de los seres vivos, una elevada proporción de estudiantes de este nivel es espontaneísta. Dicha idea puede no resultarles contradictoria con los conceptos sobre la reproducción de los seres vivos actualmente admitidos. Por esta razón consideramos necesario (si no se hubiera tratado anteriormente como en esta propuesta), comenzar estudiando las distintas concepciones sobre la generación de los seres vivos, antes de abordar el estudio de algunas teorías actuales sobre el origen de la vida.

En cuanto a los mecanismos del cambio evolutivo, en los años de puesta en práctica de esta programación, hemos detectado ideas más próximas a concepciones lamarkistas y finalistas que al modelo darwinista. La lectura y discusión de textos que recojan las diferentes teorías evolutivas, la utilización de dichas teorías para explicar casos conocidos de cambios en los seres vivos y establecer relaciones entre los contenidos de reproducción, genética y evolución, son estrategias para intentar conseguir un cambio (una «evolución») en las ideas de los alumnos.

Por último, es posible introducir los mecanismos de formación de nuevas especies según el modelo darwinista (otros mecanismos de especiación pueden ser tratados en segundo de Bachillerato).

Objetivos didácticos

Se pueden plantear situaciones de aprendizaje que ayuden a los alumnos a:

- Expresar la idea ya presentada en capítulos anteriores de que los seres vivos siempre proceden de otros seres vivos.
- Conocer y valorar las distintas concepciones sobre el origen de la vida.
- Conocer diferentes teorías sobre la evolución de los seres vivos y estar informado de la historia de la construcción de estos conocimientos.
- Conocer los mecanismos de la evolución: variabilidad y selección natural, valorando las aportaciones de Darwin.

- Interpretar los datos aportados por algunos ejemplos de las pruebas de la evolución.
- Reconocer la influencia de las ideas de cada época en el desarrollo de las concepciones sobre la evolución.

Contenidos

1. Las distintas concepciones sobre el origen de la vida. Teorías actuales sobre el origen de la vida.
2. Explicaciones a la diversidad de seres vivos: teorías fijistas y teorías evolucionistas. Algunas características de la polémica y la influencia de factores extracientíficos.
3. Teorías evolucionistas: Lamarckismo, Darwinismo e Introducción al Neodarwinismo.
4. Mecanismos de la evolución: introducción al concepto de variabilidad; selección natural.
5. La formación de especies.
6. Fases fundamentales en la evolución de los homínidos.

Las siguientes cuestiones y problemas pueden utilizarse para introducir los apartados y subapartados de la Unidad:

- ¿Cómo se origina la vida?
- ¿A qué se debe tanta diversidad de seres vivos?
- ¿Cómo cambian los seres vivos?
- ¿Son heredables las variaciones debidas al ambiente?
- ¿Cómo se origina la variabilidad genética?
- ¿Qué es la selección natural y cómo actúa?
- ¿Cómo se originan las nuevas especies?

Sugerencia de actividades

Como hemos indicado en la introducción de esta Unidad, las **actividades basadas en textos históricos** pueden ser de gran utilidad para la enseñanza de esta Unidad. Se puede comenzar proponiendo a los alumnos el problema que se planteó Redi en el siglo XVII sobre la producción de «gusanos» en el cuerpo de animales y plantas en descomposición. La lectura de los experimentos de Redi puede servir para contrastar las ideas de los alumnos y para abordar el nuevo problema que suele surgir en la clase: ¿por qué se siguen pudriendo los restos de seres vivos en los recipientes cerrados? De nuevo, el recurso a la lectura de textos históricos (experimentos de Pasteur) ayudará a resolver el problema.

El análisis del experimento de Miller es un buen punto de partida para identificar las condiciones necesarias para el origen de la vida y para estudiar las teorías actuales sobre el origen de la vida.

Para la introducción de las teorías evolucionistas puede proponerse a los alumnos que expliquen el origen de determinadas adaptaciones de los seres vivos (recuérdese que ya se han estudiado algunas adaptaciones en la Unidad 3): ausencia de patas en las culebras, escaso desarrollo de las alas en insectos que habitan en sitios ventosos, la elevada longitud del cuello de las jirafas, etc. Estos casos fueron abordados por Lamark y por Darwin, por lo que la **lectura de textos** de ambos científicos

puede servir para presentar sus teorías y para contrastarlas. El estudio del experimento de Weismann sobre la herencia de los caracteres adquiridos puede utilizarse, relacionando los contenidos de las dos Unidades anteriores, para establecer diferencias entre las ideas lamarkistas y darwinistas. El estudio de casos conocidos (el cambio de color de las mariposas del abedul, *Biston betularia*, en las zonas industriales de Manchester; la resistencia de las bacterias a los antibióticos o de los insectos a los insecticidas) sirven para analizar los efectos de la selección natural en las poblaciones.

Los vídeos y textos de divulgación científica (son muy interesantes los textos de Jay Gould) pueden emplearse como **fuentes de información** de pruebas de la evolución y para **plantar cuestiones** a los alumnos en las que tengan que aplicar conocimientos; por ejemplo, el origen evolutivo de:

- *Las plumas caudales de los pavos reales o de la cornamenta del alce irlandés.*
- *De estructuras complejas como los ojos de los vertebrados o de las alas de las aves.*
- *La semejanza en forma y color de algunos insectos a las hojas del entorno en el que viven, etc.*

Criterios de evaluación

- **Comparar las diferentes teorías sobre el origen de la vida, aportando datos sobre las consideraciones que se tienen actualmente del problema.**

Los alumnos deberán conocer cuáles son las diferencias básicas entre las teorías que se han analizado, y deberán conocer también algunas experiencias y discusiones actuales de la comunidad científica sobre el origen de la vida.

- **Explicar el carácter provisional de las explicaciones científicas a partir del análisis de las distintas concepciones que han existido sobre los problemas del origen de la vida y de los cambios en los seres vivos, indicando el peso de las razones extracientíficas en el mantenimiento de algunas de estas concepciones.**

Se trata de comprobar que los alumnos, ante las distintas explicaciones que se dan a un problema científico (por ejemplo, el origen de la vida), son capaces de comprender el carácter provisional de cada una de ellas, siendo conscientes de que ninguna explicación se puede considerar definitiva, sino que está sometida a revisiones continuas. También deben comprender que el mantenimiento de una determinada concepción depende en parte de condicionamientos sociales y políticos del momento.

Unidad 7

El mantenimiento de la vida. Los procesos de nutrición en animales y vegetales

En esta Unidad se trata de profundizar en la nutrición como proceso de intercambio de materia y energía de los seres vivos y su medio ambiente. Sobre el concepto de nutrición se han detectado ideas alternativas muy arraigadas en los alumnos, tales como: identificar nutrición con el proceso digestivo en los animales; no asociarla a respiración y circulación; reducir la respiración a la ventilación pulmonar; considerar la fotosíntesis y la respiración como procesos paralelos, uno en vegetales y otro en animales; considerar que el alimento de las plantas son sustancias que toman del exterior, etc.

Proponemos comenzar el estudio de esta Unidad introduciendo el concepto de nutrición como función mediante la cual los seres vivos consiguen energía y sintetizan materia propia, diferenciando los dos tipos de nutrición: autótrofa y heterótrofa. Es importante destacar el papel de la célula en la nutrición, presentando la fotosíntesis y la respiración como procesos energéticos. A partir de esta introduc-

ción el estudio de los aparatos y sistemas implicados en la nutrición se va desarrollando en torno a la célula como «centro de la nutrición».

Aunque se podrían abordar simultáneamente, hemos optado por separar el estudio de la nutrición en animales de la nutrición vegetal. Si bien la nutrición humana tiene una presencia relevante en el estudio del tema, para tratar la nutrición animal recurriremos a los modelos de obtención y digestión de los alimentos, de intercambio de gases, de transporte y de excreción que hacen hincapié en las adaptaciones al medio. Por último, al estudiar la nutrición vegetal se establecerán relaciones entre ésta y la nutrición animal.

Objetivos didácticos

El estudio de esta Unidad debe dar oportunidad a los alumnos de:

- Conocer que los seres vivos tanto animales como vegetales intercambian materia y energía con el medio ambiente.
- Relacionar la nutrición de los seres vivos con el metabolismo celular, diferenciando la nutrición autótrofa y heterótrofa.
- Conocer las distintas estructuras implicadas en la nutrición de animales y plantas, remarcando su función con el proceso global.
- Observar aparatos y órganos relacionadas con la función de nutrición de animales y plantas.
- Planificar investigaciones sobre nutrición vegetal.

Contenidos

1. Nutrición autótrofa y heterótrofa. Introducción al metabolismo celular. Enfoque energético de la fotosíntesis y la respiración.
2. Nutrición en animales. Sistemas orgánicos implicados.
 - 2.1. Sistemas digestivos.
 - Necesidad de un sistema digestivo.
 - El sistema digestivo humano y el procesamiento de los alimentos: ingestión, digestión y absorción de nutrientes.
 - Otros modelos de aparato digestivo en animales: unicelular, diblástico y triblástico (por ejemplo, anélido).
 - 2.2. Sistemas respiratorios.
 - Intercambio de gases.
 - Superficie respiratoria.
 - Aparato respiratorio humano: el pulmón y el intercambio de gases entre el aire y la sangre.
 - Evolución de los sistemas respiratorios en los animales. Adaptaciones al medio.
 - 2.3. Transporte de sustancias.
 - La necesidad de un sistema circulatorio para transportar nutrientes y desechos.

- Sistemas circulatorios sanguíneo y linfático.
- Sistemas circulatorios abiertos y cerrados.
- Sistemas circulatorios en el hombre.
- Sistemas circulatorios en otros animales.

2.4. Excreción.

- La excreción como eliminación de sustancias nitrogenadas y regulación del equilibrio hídrico-salino.
- Estudio de los órganos excretores en el hombre.
- Evolución de los sistemas excretores en los animales. Adaptaciones al medio.

3. La nutrición en los vegetales.

- Captación de energía.
- Absorción de agua y sales minerales.
- Intercambio de gases.
- Transporte de sustancias.
- Excreción.

Las siguientes preguntas pueden utilizarse para introducir los apartados y subapartados de la Unidad:

- ¿De dónde consiguen los pobladores de la Tierra la energía que necesitan?
- ¿Qué papel cumplen las células en la nutrición?
- ¿Por qué es necesario un aparato digestivo?
- ¿Cómo se transforman los alimentos a lo largo del tubo digestivo?
- ¿Todos los animales tienen el mismo modelo de aparato digestivo?
- ¿Cómo colabora el aparato respiratorio en la nutrición?
- ¿Cómo funciona el aparato respiratorio?
- ¿Todos los animales tienen el mismo modelo de aparato respiratorio?
- ¿Por qué es importante la sangre para tu cuerpo?
- ¿Cómo colabora el aparato circulatorio en la nutrición?
- ¿Qué partes constituyen el aparato circulatorio?
- ¿Cómo circula la sangre?
- ¿Qué tipos de sistemas circulatorios poseen los animales?
- ¿Cómo eliminamos los desechos?
- ¿Qué partes constituyen el aparato urinario?

- ¿Cómo se forma la orina?
- ¿Cómo consiguen las plantas su alimento?
- ¿Cómo captan las plantas la energía de la luz solar?
- ¿Para qué se utiliza la energía captada?
- ¿Cómo entran las materias primas en las plantas?
- ¿Cómo llegan las materias primas a las hojas?
- ¿Qué hacen las plantas con los productos de desecho del metabolismo?

Sugerencia de actividades

El tema de esta Unidad se presta a realizar actividades del tipo de **ejercicios prácticos** o **pequeñas investigaciones** más o menos abiertas, por ejemplo: realización de disecciones (pulmón, branquias, corazón, riñón, etc.); observación de preparaciones histológicas; interpretación de hemogramas; obtención de electrocardiogramas e interpretación de los mismos; interpretación de análisis de orina; investigación de la acción de los enzimas digestivos; investigación de los factores que afectan al crecimiento de las plantas, etc. Utilizando los programas comercializados de Laboratorio Asistido por Ordenador se pueden realizar trabajos o investigaciones como las siguientes: reconocer la conversión de la energía solar en energía química en los vegetales; medida directa del metabolismo basal humano, o alguna otra de las propuestas.

La disponibilidad en los centros de vídeos, diapositivas, láminas, modelos de anatomía, programas informáticos, etc., favorece el estudio de estos temas al poder ser empleados como recurso para resolver algunas cuestiones del tipo:

- Las células del cerebro necesitan energía para poder realizar sus funciones. ¿Cómo obtienen energía esas células? Indica el recorrido que debe seguir una molécula de glucosa almacenada en el hígado hasta llegar a una célula del cerebro.
- ¡Hola! Soy una molécula «C₆ H₁₂ O₆» (molécula de glucosa), estoy en el quilo en el intestino delgado, me pregunto por mi porvenir, necesito *información*, ¿me podrías ayudar?
- Isaac Asimov escribió una novela de ciencia-ficción titulada *Un viaje alucinante*. En dicha novela narra el viaje por el interior del cuerpo humano de una nave submarina miniaturizada, el «Proteus», donde viaja un equipo de médicos y técnicos, también miniaturizados. Son inyectados en el sistema circulatorio y su misión es destruir un coágulo de sangre localizado en el cerebro.

Imagínate que formas parte de la tripulación del «Proteus» y que la nave se encuentra en el lado derecho del corazón; explica el recorrido de la nave desde que sale del corazón hasta que vuelve otra vez al lado derecho del corazón, indicando los órganos por donde pasa y lo que hace en cada uno de ellos.

Por último, la nutrición es un tema muy interesante para mostrar la evolución histórica de los conceptos y trabajar aspectos del trabajo científico como la importancia de las hipótesis, el tratamiento de los datos, la interpretación de los resultados y la deducción de conclusiones, utilizando **textos de la historia de la ciencia**.

Criterios de evaluación

- *Explicar los mecanismos básicos que inciden en el proceso de la ingestión y digestión de los alimentos, en su asimilación, distribución y producción de desechos, relacionando dichos procesos con la presencia de determinadas estructuras que los hacen posibles.*

Se trata de saber si los alumnos entienden los mecanismos básicos del procesos de nutrición, como la digestión mecánica y química, el fenómeno de absorción de los alimentos, su distribución y el mecanismo de extracción de los productos de desecho y su posterior eliminación. Además, deben ser capaces de relacionar los diferentes procesos que ocurren en la nutrición con la existencia en los organismos de estructuras adecuadas, como sistemas de masticación, presencia de glándulas, longitud de los tubos, existencia de líquidos especializados, de corazón o de unidades filtradoras.

- **Explicar el carácter provisional de las explicaciones científicas a partir del análisis de las distintas concepciones que han existido sobre los procesos de nutrición en los seres vivos, indicando el peso de las razones extracientíficas en el mantenimiento de algunas de estas concepciones.**

Se trata de comprobar que los alumnos, ante las distintas explicaciones que se dan a un problema científico, son capaces de comprender el carácter provisional de cada una de ellas, siendo conscientes de que ninguna explicación se puede considerar definitiva, sino que está sometida a revisiones continuas. También deben comprender que el mantenimiento de una determinada concepción depende en parte de condicionamientos sociales y políticos del momento.

- **Diseñar y realizar pequeñas investigaciones sobre la nutrición de los seres vivos, contemplando algunos procedimientos del trabajo científico: planteamiento preciso del problema, formulación de hipótesis contrastables, diseño y realización de experiencias, y análisis y comunicación de resultados.**

Se trata de comprobar que los alumnos, en el estudio de las funciones de los seres vivos, son capaces de llevar a cabo algunos de los procedimientos propios del trabajo científico, desde el planteamiento del problema hasta la comunicación de resultados.

Unidad 8

El mantenimiento de la vida. Coordinación y control en los seres vivos

Los contenidos de esta Unidad se relacionan con los estudiados en la Unidad anterior porque ponen de manifiesto que el mantenimiento de la vida supone un intercambio de materia y energía de los seres vivos con el medio ambiente, y la necesidad de una coordinación y control que permita a los seres vivos relacionarse con el medio externo y mantener un equilibrio en su medio interno.

Se propone el estudio de los dos sistemas implicados en esta función: el nervioso y el hormonal. La coordinación nerviosa se aborda comenzando por el estudio y funcionamiento de la neurona, para continuar con el estudio del sistema nervioso en el hombre y presentar otros modelos de sistemas nerviosos en animales. El estudio de algún ejemplo concreto de homeostasis como la regulación del contenido en agua, o la glucemia, puede servir para introducir el estudio del sistema endocrino y mostrar la relación entre el sistema nervioso y el endocrino. (En la *Figura 8* se presenta un ejemplo de regulación de los niveles de glucosa). La relación entre los dos sistemas de control se puede poner de manifiesto estudiando la regulación del ciclo ovárico de la mujer y el modo de acción de la píldora anticonceptiva.

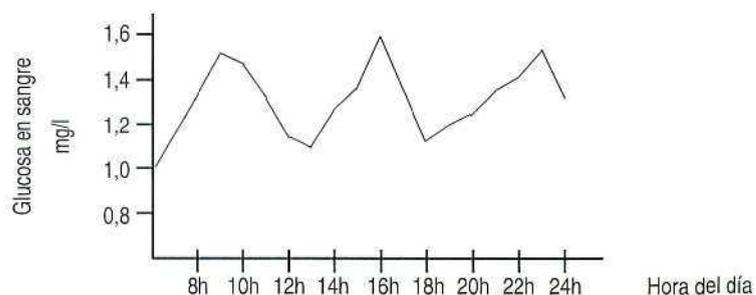


Figura 8. Expresión de los niveles de glucosa en sangre a lo largo del día y su regulación por la acción de la insulina (adaptado de Nuffield Coordinated Sciences, 1992).

Por último, se estudia las respuestas de las plantas a estímulos externos y el papel de las hormonas vegetales.

Objetivos didácticos

El desarrollo de los contenidos de esta Unidad deberá dar oportunidad a los alumnos de:

- Comprender que las distintas partes de un organismo se comunican entre sí y con el medio ambiente mediante transferencias de información.
- Conocer las estructuras relacionadas con la coordinación y control en animales y la estrecha interdependencia entre el sistema nervioso y el endocrino.
- Conocer algunas respuestas de las plantas a estímulos externos y la función de las hormonas en los vegetales.
- Conocer y valorar las aplicaciones de las hormonas en agricultura y ganadería.

Contenidos

1. Relaciones de los organismos con el medio.

- Estímulo/respuesta.
- Comportamiento.
- Homeostasis.

2. Sistemas de control en los animales.

2.1. Sistema nervioso.

- La neurona. Origen y transmisión del impulso nervioso.
- Anatomía del sistema nervioso en los vertebrados.
- Fisiología del sistema nervioso.
- Otros modelos de sistema nervioso en los animales: en red, cordal y ganglionar.

2.2. Sistema endocrino.

- Glándulas endocrinas, hormonas y función.
- Control de la secreción glandular.

3. Interdependencia entre el sistema nervioso y el endocrino. Ciclo ovárico.

4. Las hormonas en vegetales. Aplicaciones de las hormonas en agricultura y ganadería.

Las siguientes preguntas pueden utilizarse para introducir los apartados y subapartados de la Unidad:

- ¿Cómo nos movemos?
- ¿Cómo es el encéfalo?
- ¿Cómo funciona el sistema nervioso?
- ¿Cómo controlamos la cantidad de agua de nuestro cuerpo?

- ¿Qué son las hormonas?
- ¿Cómo actúa la «píldora»?
- ¿Responden las plantas a los estímulos?

Sugerencia de actividades

Como indicamos en la Unidad anterior la disponibilidad de vídeos, diapositivas, láminas, modelos de anatomía, programas informáticos, permite diseñar actividades de **planteamiento de cuestiones** o utilizarlos como **fuelle de información** para los alumnos. Algunas cuestiones que pueden plantearse para facilitar el empleo de este material pueden ser:

- Si colocas la mano sobre una plancha caliente rápidamente la retiras, ¿podrías indicar todos los procesos que intervienen en esta acción?
- Cualquiera de nosotros diría que el caminar es un proceso muy sencillo pero, ¿podrías indicar qué estructuras del cuerpo se mueven?, ¿qué mueve dichas estructuras? y ¿qué controla dicho movimiento?
- Si ahora fueses a coger un bolígrafo para escribir, tendrías que ver el bolígrafo, tomar la decisión de cogerlo y alargar la mano para asirlo. Indica las partes del encéfalo que intervendrían en este proceso.

También se pueden proponer **ejercicios prácticos**: observación de preparaciones histológicas, estudio del encéfalo de cordero, etc., e **investigaciones** sobre tropismos de las plantas.

La lectura de **textos de Ramón y Cajal** es muy interesante para conocer sus aportaciones al conocimiento del sistema nervioso.

Por último, puede planificarse una **visita a un vivero o a un centro de investigación agrícola o ganadera** para estudiar las aplicaciones del conocimiento de las hormonas a la mejora de plantas o animales.

Criterios de evaluación

- **Explicar el mantenimiento de las constantes vitales de los organismos a partir de la comprensión del proceso de coordinación neuroendocrina, indicando asimismo algunas aplicaciones derivadas del conocimiento de las hormonas.**

Los alumnos y alumnas deben conocer la relación existente entre el sistema nervioso y el endocrino, siendo capaces de explicar cómo se desencadena su acción, para mantener algunas constantes vitales como los niveles de glucosa o de agua, ante la aparición de estímulos recogidos por receptores externos e internos. Asimismo, deben conocer algunas aplicaciones prácticas de las hormonas en la mejora de especies o en el control de la reproducción.

- **Diseñar y realizar pequeñas investigaciones sobre la función de relación de los seres vivos, contemplando algunos procedimientos del trabajo científico: planteamiento preciso del problema, formulación de hipótesis contrastables, diseño y realización de experiencias, y análisis y comunicación de resultados.**

Se trata de comprobar que los alumnos son capaces de llevar a cabo algunos de los procedimientos propios del trabajo científico, desde el planteamiento del problema hasta la comunicación de resultados, en este caso, referidos a la función de relación de los seres vivos.

- **Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas biológicos relevantes en la sociedad.**

Se pretende saber si las alumnas y alumnos son capaces de buscar bibliografía, adecuada a su preparación, referente a temas de actualidad, tales como la utilización de hormonas en la ganadería y la agricultura.

IV. Desarrollo de una Unidad didáctica. La herencia: un enfoque mendeliano

En esta Unidad se propone el estudio de la transmisión de los caracteres hereditarios desde la perspectiva mendeliana para terminar introduciendo la teoría cromosómica de la herencia pero sin abordar la genética molecular, que se estudiará en segundo de Bachillerato. Se trata de destacar que, a pesar de que la explicación de la herencia fue un problema planteado desde la antigüedad, es a partir de los trabajos de Mendel en el siglo XIX (o de su redescubrimiento a comienzos del siglo XX) cuando comienza a desarrollarse un nuevo campo de estudio de la Biología: la genética.

Queremos resaltar que la utilización por parte de los alumnos de «términos» de genética, no supone una comprensión adecuada de dichos conceptos. Lo cual se pone de manifiesto en la aparición de creencias muy arraigadas como la herencia de la sangre o la mezcla de sangres. Sería conveniente que, con el fin de determinar las concepciones de los estudiantes, se hiciera una exploración con cuestiones semejantes a las de la primera actividad en las que se proponga que se inicie la discusión de los caracteres heredados de los padres o la influencia del ambiente. Será necesario también relacionar los contenidos de esta Unidad con los de la anterior e introducir los conceptos básicos de genética para que se vaya produciendo el cambio o ampliación de tales concepciones.

Este tema, con contenidos conceptuales semejantes a los que aquí se exponen, se presenta en algunos textos de Ciencias de Secundaria Obligatoria, aunque no se suele hacer referencia a los objetivos y criterios de evaluación del currículo oficial. En nuestra opinión, para que el estudio de la herencia mendeliana no se quede limitado al juego de combinaciones entre pares de caracteres, es necesario recurrir al análisis de las proporciones gaméticas como resultado de la meiosis, y ello hace recomendable su estudio en este nivel.

La propuesta de actividades que se presenta en el desarrollo de la Unidad permite incluir variadas estrategias, desde la lectura de textos al planteamiento de problemas y diseños experimentales. En este sentido, la secuencia que a continuación se expone permite al profesor aportar información dependiendo de las respuestas de los estudiantes a cada una de las actividades, tal como se sugiere en los comentarios de la guía del profesor. No debe, pues, entenderse que los textos seleccionados son los únicos posibles. Como se ha señalado al comentar las actividades de exposición, será decisión del profesor ampliar y profundizar las informaciones que aporte dependiendo del grupo de alumnos. Así, en la Actividad 23 se propone la elaboración de un mapa con conceptos de genética que deben irse introduciendo según van apareciendo en el estudio del tema.

Objetivos didácticos

Al desarrollar estos contenidos los alumnos podrán:

- Conocer que la transmisión de los caracteres hereditarios obedece a leyes naturales y que la información genética está localizada en los cromosomas.
- Aplicar las leyes de Mendel a la resolución de problemas sencillos.
- Valorar la aportación de Mendel, con sus experimentos, sus hipótesis y su innovadora aplicación de la estadística, al estudio de la herencia.
- Conocer el papel de las mutaciones en la variabilidad de las poblaciones, valorando las aportaciones de la genética a la teoría de la evolución.
- Conocer algunas aplicaciones de la genética en la sociedad actual: mejora de las especies, tratamiento de las enfermedades, etc.
- Valorar críticamente las consecuencias ecológicas y éticas de algunas técnicas genéticas.

Contenidos

1. La transmisión de los caracteres hereditarios a través de la reproducción.
2. Aportaciones de Mendel al estudio de la herencia.
3. Teoría cromosómica de la herencia.
4. Genética humana.
 - Alelismo múltiple: herencia de los grupos sanguíneos (*).
 - Determinación del sexo.
 - Herencia ligada al sexo.
5. Introducción del concepto de mutación.
6. Algunas aplicaciones de la genética a la sociedad actual: mejora de las especies y tratamiento de las enfermedades.

Esquema de la Unidad didáctica

FASE	APARTADO	ACTIVIDADES
INICIACIÓN	I. ¿Por qué los hijos se parecen a los padres?	A1. Investigación de la transmisión hereditaria de algunos caracteres.
DESARROLLO	II. Aportaciones de Mendel al estudio de la herencia.	A2, A3, A4, A5, A6, A7 y A8. Análisis de los experimentos de Mendel y Correns; lectura de textos; determinación de estrategias investigativas e interpretación de resultados. Resolución de problemas de lápiz y papel de dos tipos: cerrados (A8) y abiertos (A7).
	III. ¿Dónde se localizan los genes?	A9 y A10. Realización de cruces según la Teoría cromosómica de la herencia. Definición de estrategias de investigación.
	IV. ¿Qué determina tu grupo sanguíneo?	A11 y A12. Interpretación de un árbol genealógico.

FASE	APARTADO	ACTIVIDADES
		Resolución de problemas de lápiz y papel, cerrados y abiertos.
	V. Niño o niña: ¿qué es lo que decide?	A13, A14, A15, A16. Realización de cruces. Emisión de hipótesis e interpretación de resultados. Interpretación de un árbol genealógico. Resolución de problemas de lápiz y papel, cerrados.
	VI. Investigación sobre la herencia.	A17. Estudio práctico de poblaciones de <i>Drosophila</i> (propuesta de trabajo experimental mediante cepas incluidas en resina sintética).
	VII. ¿Cómo se producen las variaciones?	A18, A19, A20 y A21. Resolución de un cuestionario. Análisis de un caso. Interpretación de un cariotipo.
APLICACIÓN Y SÍNTESIS		A22, A23 y A24. Elaboración de un mapa conceptual. Búsqueda de información. Realización de un informe. Puesta en común y debate.

Comentario a las actividades

En este apartado se comentan las actividades que aparecen en el Material para el alumno.

Actividad 1.

Se trata de una actividad de iniciación destinada a motivar a los alumnos y a facilitar que emerjan algunos problemas relacionados con la herencia, tales como: ¿podemos tener grupos sanguíneos diferentes a los de nuestros padres?, ¿por qué yo no puedo enrollar la lengua y sí puede mi hermano?, etc.

A la vez, con la segunda pregunta, se pretende que los alumnos analicen la posibilidad de que algunas de sus características no estén determinadas por la herencia genética, o, al menos *empiecen a considerar* la dificultad de reconocer en muchos casos la influencia del ambiente y de la herencia en algunos de nuestros rasgos particulares.

A lo largo de la Unidad se irá completando un árbol genealógico indicando los genotipos correspondientes para cada carácter, por lo que esta actividad sirve también para que los alumnos vayan evaluando su propio aprendizaje. Se podrá solicitar el resultado del árbol genealógico en cualquier momento de las actividades de desarrollo para determinar el estado de los conocimientos de cada alumno.

Actividades 2, 3 y 4.

Se propone el análisis de los experimentos de Mendel. Se utilizan textos originales junto con informaciones más simplificadas para presentar los resultados (también se podría recurrir a los textos originales reseñados en Giordan, 1988). Se utilizan, asimismo, para el aprendizaje de conceptos de genética (por lo cual habrá que estudiar el significado de los conceptos que van apareciendo), de pro-

cedimientos de la ciencia (la realización de cruces, el tratamiento de los datos, el análisis e interpretación de los resultados, la deducción de conclusiones) y para trabajar aspectos de la naturaleza de la ciencia (la importancia de la elección del material adecuado y de las hipótesis, la oportunidad y la aceptación social de las comunicaciones científicas). Llegados a este punto, podría ser oportuno recordar a los alumnos las precauciones imprescindibles en la realización de cruces con plantas con capacidad de autofecundación.

Actividad 5.

Con esta actividad se pretende desmitificar la imagen de Mendel como un monje aislado en su monasterio y sin contacto con el mundo científico de su época, por lo que sus trabajos pasaron desapercibidos. Será necesario presentar a los alumnos cuál era la preocupación de la comunidad científica a mediados del siglo XIX (la caracterización de las especies), los experimentos que se realizaban (la obtención de híbridos), el análisis cualitativo de datos que utilizaban los naturalistas de la época frente al análisis estadístico utilizado por Mendel y la dificultad de extrapolar los datos obtenidos en las plantas de guisante a otras plantas.

Actividad 6.

Aunque en el texto de Mendel ya se hacía referencia a formas intermedias, con esta actividad se trata de presentar la herencia con codominancia analizando los resultados obtenidos por Correns.

Actividad 7.

Se presenta aquí un problema abierto. Entre las estrategias propuestas por algún grupo suele surgir la **cruza de prueba**, con lo que se puede valorar la ventaja del cruzamiento de prueba frente a otras estrategias.

Actividad 8.

Se propone la resolución de una serie de problemas de lápiz y papel cerrados con la finalidad de utilizar repetidamente conceptos de genética y de aplicar los valores de probabilidad esperados como resultado de los distintos cruzamientos. Algunos de estos problemas pueden resolverse en pequeño grupo y otros pueden ser realizados individualmente.

Actividad 9.

Con esta actividad se pretende aplicar la teoría cromosómica de la herencia a la interpretación de los resultados obtenidos por Mendel. A pesar de que se puede tener la impresión de que el trabajo con los problemas anteriores podría ser suficiente para entender la teoría cromosómica de la herencia, la representación simbólica de los caracteres en los cromosomas es un paso más, necesario para facilitar dicha interpretación.

Actividad 10.

Se trata de que los alumnos vuelvan a utilizar la cruce de prueba para comprobar si dos caracteres están determinados por genes ligados o por genes localizados en cromosomas diferentes.

En este curso no se estudia el concepto de **recombinación**, por lo que los alumnos pueden considerar que los genes localizados en un mismo cromosoma se heredan juntos. No obstante, podría señalarse la posibilidad de recombinación y su significado, aunque no se aborde en profundidad en este momento.

Actividad 11.

Para introducir el concepto de **serie alélica múltiple**, se utiliza la interpretación de un árbol genealógico de transmisión de grupos sanguíneos. Queremos destacar que no se pretende que los alumnos encuentren una solución al problema sino que, ante la imposibilidad de poder obtener los cuatro fenotipos a partir de dos alelos, se dé oportunidad a que se exprese la idea de tener en cuenta más de dos alelos. Después de este análisis se presenta el concepto de alelos múltiples.

Actividad 12.

Se propone la resolución de problemas de lápiz y papel, uno de ellos abierto (el número 3) y los demás cerrados.

Actividad 13.

Después de presentar la determinación cromosómica del sexo en la especie humana, se propone a los alumnos que calculen la proporción de los caracteres sexuales que se espera en cada generación.

Actividad 14.

Para introducir el concepto de herencia ligada al sexo se presentan los cruces y los resultados obtenidos por Morgan para la transmisión del color de los ojos en *Drosophila melanogaster*. Los distintos resultados según fuese el macho o la hembra el individuo que mostrase los ojos de color blanco, llevan a los alumnos a relacionar el sexo con este carácter y, por tanto, a localizar los alelos en los *cromosomas sexuales* y, *en concreto, en el cromosoma X*.

Actividad 15.

Se trata de estudiar la transmisión de la hemofilia en los descendientes de la reina Victoria. Se puede comentar la posibilidad de seguir en una familia la transmisión de una enfermedad o carácter patológico y las ventajas de disponer de amplias genealogías.

Actividad 16.

Se propone la resolución de problemas de lápiz y papel. Algunos pueden resolverse en grupos y otros de forma individual.

Actividad 17.

Se trata de simular un trabajo experimental con *Drosophila melanogaster* en el que se presentan poblaciones incluidas en resina en un soporte de plástico que facilita la identificación a la lupa binocular de los caracteres que se proponen.

Lógicamente, los alumnos no pueden realizar en la práctica los cruzamientos, pero sí pueden decidir cuáles son los individuos que se cruzan para obtener los resultados de las proporciones fenotípicas del problema. Y, al revés, se puede seleccionar una pareja de individuos para su cruzamiento y buscar después los resultados esperados en las placas. En dichas placas aparecen conjuntos de individuos repartidos al azar y esta distribución aleatoria permite al profesor seleccionar el problema con el que desea que trabajen los alumnos.

Las placas se pueden solicitar a casas comerciales que distribuyen material didáctico de Biología y Geología.

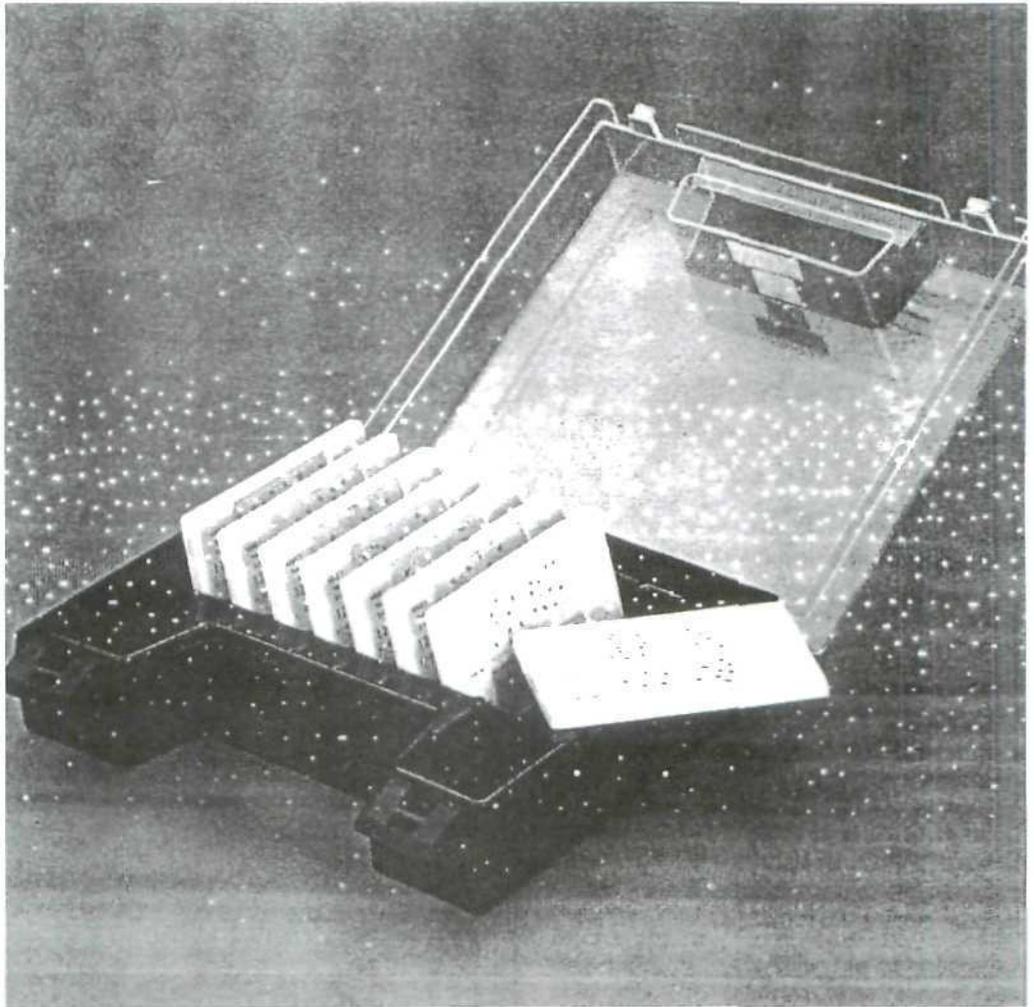


Figura 9. Placas para el estudio de poblaciones de *Drosophila* (tomada del catálogo editado por Eurociencia 1993-94).

Los problemas que hemos propuesto se resolverán como investigaciones más o menos abiertas según el criterio del profesor, que proporcionará la ayuda que considere oportuna para definir los pasos que permitan la resolución de los problemas.

Actividad 18.

El concepto de mutación es desconocido por los alumnos antes de que se introduzca en la enseñanza formal. Sin embargo, la influencia de los medios de comunicación lleva a los estudiantes a identificar mutación con cambio físico externo, generalmente en animales. Se puede comprobar esta afirmación mediante la actividad que proponemos en este apartado. La puesta en común de los comentarios de los alumnos servirá de punto de partida para introducir el concepto científico.

Actividad 19.

Se trata de aplicar el concepto de mutación a un caso concreto: la obtención de la raza de ovejas Ancon. Se deberá hacer reflexionar a los alumnos sobre cuál debe ser la característica del gen mutado para que se manifieste en el fenotipo y que no todas las mutaciones tienen efectos beneficiosos.

Actividad 20.

Esta actividad es similar a la anterior, se pretende con ella que los alumnos apliquen el concepto de mutación.

Actividad 21.

Se propone la interpretación del cariotipo de una persona con el Síndrome de Down para comenzar a introducir los tipos de mutaciones: mutaciones génicas y mutaciones cromosómicas. No se pretende una profundización en estos conceptos, que se desarrollarán en segundo curso de Bachillerato.

Actividad 22.

Se trata de que los alumnos elaboren un mapa conceptual relacionando los conceptos que han ido aprendiendo a lo largo de la Unidad. Con función autorreguladora, esta actividad también indicará al profesor el estado de conocimiento de los conceptos de genética mendeliana.

Actividades 23 y 24.

Con estas actividades se pretende que los alumnos valoren la aplicación de los conocimientos de genética en el campo de la medicina, la agricultura y la ganadería.

Teniendo en cuenta que en primero de Bachillerato no se aborda la genética molecular, se tratará únicamente de poner de manifiesto la importancia del diagnóstico de enfermedades genéticas para su tratamiento, siempre que sea posible, y la importancia de obtener variedades de plantas y animales útiles para la humanidad mediante la realización cuidadosa de cruces y la posterior selección artificial. Estos ejemplos de selección artificial pueden ser revisados en la siguiente Unidad didáctica, al estudiar la evolución de los seres vivos.

Como fuentes de información, los alumnos pueden utilizar entre otros libros los siguientes: Allard (1978); AA.VV. (1991); Curtis y Sue Barnes (1992) y Selecciones de Scientific American (1978) cuyas referencias aparecen recogidas en la bibliografía. También pueden consultar revistas de divulgación científica (*Muy Interesante, Mundo Científico, Investigación y Ciencia...*) y preguntar a especialistas en las facultades de Medicina, Veterinaria, Biología y Escuelas Superiores de Ingeniería. Por último, pueden encontrarse algunos vídeos sobre este tema, también reseñados en la bibliografía y recursos.

Criterios de evaluación

- **Aplicar los mecanismos de transmisión de los caracteres hereditarios, según las hipótesis mendelianas y la teoría cromosómica de la herencia, a la interpretación y resolución de problemas relacionados con la herencia.**

Se trata de comprobar que los alumnos conocen las razones de los fenómenos hereditarios y su explicación científica. Además, deben comprender el interés histórico de las aportaciones mendelianas y la teoría cromosómica de la herencia y hacer de la misma una interpretación a nivel subcelular. Deben también poder aplicar estos conocimientos a ejemplos concretos de herencia humana, de animales y plantas.

- **Explicar el carácter provisional de las explicaciones científicas a partir del análisis de las distintas concepciones que han existido sobre la transmisión de los caracteres hereditarios, indicando el peso de las razones extracientíficas en el mantenimiento de algunas de estas concepciones.**

Se trata de comprobar que los alumnos, ante las distintas explicaciones que se dan a un problema científico, son capaces de comprender el carácter provisional de cada una de ellas, siendo conscientes de que ninguna explicación se puede considerar definitiva, sino que está sometida a revisiones continuas. También deben comprender que el mantenimiento de una determinada concepción depende en parte de condicionamientos sociales y políticos del momento.

- **Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas biológicos relevantes en la sociedad.**

Se pretende saber si las alumnas y alumnos son capaces de buscar bibliografía, adecuada a su preparación, de temas de actualidad, como la utilización de técnicas genéticas. Se comprobará también que saben estructurar el trabajo de manera adecuada.

Actividades de evaluación

Actividades de evaluación del aprendizaje

Como ya hemos indicado anteriormente, consideramos que las actividades de evaluación deben introducirse a lo largo de todo el proceso de enseñanza. La revisión de la resolución de problemas realizados individualmente, la ampliación de la investigación inicial y la elaboración del mapa conceptual sirven tanto para que los alumnos valoren su propio aprendizaje como para la evaluación que realiza el profesor.

Se contará también con los trabajos escritos de los alumnos: cuaderno, revisiones bibliográficas, informe sobre la utilización de los conocimientos de genética para la mejora de plantas y animales, y se valorará, asimismo, la exposición de los informes por parte de cada grupo. Al analizar los trabajos se pueden tener en cuenta distintos aspectos:

- *La presentación.*

Cuestiones que se deben considerar:

- ¿Presenta el trabajo de forma clara?
- ¿Ha recogido y anotado el trabajo realizado de forma completa y ordenada?
- ¿Indica los pasos seguidos para realizar las actividades?
- ¿Indica las fuentes de información utilizadas?
- ¿Es correcta la expresión escrita?
- ¿Presenta esquemas claros y adecuados para ilustrar lo tratado?

Contenidos.

Cuestiones que se deben considerar:

- ¿Ha analizado todas o la mayoría de las actividades realizadas?
- ¿El cuaderno contiene los comentarios realizados en clase?
- ¿Presenta errores de interpretación?
- ¿Hace referencia a las conclusiones de la puesta en común?
- ¿Aplica los conocimientos adquiridos a nuevas situaciones?

En la exposición de los informes se valorará: la claridad, la documentación empleada, el apoyo gráfico.

Y, por último, se valorarán las pruebas escritas realizadas individualmente. Estas pruebas podrán basarse tanto en preguntas de asimilación de conocimientos como en preguntas de aplica-

ción de los conceptos adquiridos, y de análisis, comprensión y valoración de aspectos sociales relacionados con la herencia. Algunas preguntas que pueden proponerse a los alumnos se presentan a continuación:

1. Pon dos ejemplos de cómo la elección de un organismo de experimentación apropiado contribuyó al desarrollo de la genética.
2. ¿Por qué se usa siempre un homocigótico recesivo en una cruce de prueba?
3. Tú no eres exactamente igual a tu madre ni a tu padre. ¿Por qué? Explica cómo pudiste heredar ciertos rasgos de tu abuelo paterno (comienza con un gameto de tu abuelo y finaliza con una célula somática tuya).
4. Según la teoría cromosómica de la herencia, ¿qué cambios deben introducirse en la tercera ley de Mendel?
5. Un hombre con una determinada enfermedad hereditaria se casa con una mujer normal. Tienen seis hijos: tres chicas y tres chicos. Todas las niñas tienen la enfermedad del padre, pero los hijos no. ¿Podrías indicar cómo se transmite dicha enfermedad?
6. Mendel, en uno de sus experimentos con plantas de guisante, se fijó en el color de las flores. En la segunda generación filial obtuvo 705 plantas con flores púrpura y 224 con flores blancas. Realiza los cruces del experimento de Mendel, según la teoría cromosómica de la herencia.
7. Javier tiene los ojos marrones. Se ha enamorado de una morena de ojos azules y ya le parece estar viendo a un hijo que es el vivo retrato de la madre. ¿Obedecerán sus deseos las leyes de la herencia? Explícalo.
8. Una pareja con un hijo afectado por mucoviscidosis acude a un médico para realizar la siguiente consulta: «Doctor, si tenemos otro hijo, ¿qué probabilidades hay de que posea la enfermedad?» ¿Cuál será la respuesta del médico?

Actividades para evaluar el desarrollo de la Unidad didáctica

Para la valoración del desarrollo de la unidad didáctica proponemos, además de la observación realizada por el profesor, la utilización de un cuestionario para dar a los alumnos la oportunidad de comentar distintos aspectos de la misma: dificultad de las actividades, progresos realizados, utilidad del aprendizaje realizado, dinámica de trabajo etc. Algunas cuestiones que se pueden plantear son:

1. ¿Te ha parecido interesante el tema?
2. ¿Crees que lo que has aprendido te será útil fuera del Instituto?
3. ¿Qué actividades has realizado?
4. ¿Cuáles han sido:
 - más útiles para aprender y por qué?
 - más interesantes y por qué?
 - más difíciles y por qué?
6. Piensas que el trabajo se ha hecho:
 - demasiado rápido.

- demasiado despacio
 - a buen ritmo
7. ¿Hubieras preferido trabajar el tema de otra manera? ¿Cómo?
8. Respecto al trabajo en grupo:
- ¿Qué le ves de positivo?
 - ¿Qué le ves de negativo?
9. En tu grupo:
- ¿Has trabajado a gusto o a disgusto?
 - ¿Te han ayudado tus compañeros a aprender?
10. ¿Has recibido del profesor el apoyo, información y materiales suficientes para llevar a cabo tu trabajo?

Material para el alumno

¿Por qué los hijos se parecen a los padres?

Actividad 1

A. Investiga, en tu familia, la transmisión de estos caracteres: grupo sanguíneo, posibilidad de enrollar la lengua, lóbulo de la oreja (separado o unido) y color de los ojos, y construye el árbol genealógico correspondiente para cada carácter. Utiliza un esquema como el inferior para cada uno de los caracteres.



B. ¿Crees que todos los caracteres que posees proceden de tus padres? En los ejemplos siguientes, intenta identificar los que son debidos a la herencia:

- Color de los ojos
- Altura
- Interés por el tenis
- Habilidad para escribir a máquina
- Grupo sanguíneo
- Habilidad para hablar inglés
- Sentido del humor
- Interés por el cine

Al estudiar la *historia del concepto de fecundación* vimos que durante mucho años se mantuvo la controversia entre dos corrientes de pensamiento: **los epigenistas y los preformistas**. Las teorías epigenistas (teorías de la doble simiente) hacen intervenir dos simientes, una procedente del padre y la otra de la madre; la mezcla de las dos produciría el hijo. Para los preformistas, el hijo ya está for-

mado, bien en el óvulo (**ovistas**) o bien en el espermatozoide (**animaculistas**) y, por lo tanto, un solo padre provee el principio esencial de la generación.

Estas teorías pretendían también explicar la herencia, es decir, la transmisión de los caracteres de los ascendientes a los descendientes.

La genética intenta dar explicación a las variaciones de los individuos e identificar las que proceden de la influencia del entorno y las que dependen de los progenitores, es decir, de la herencia. No es hasta el siglo XIX, con los trabajos de Mendel, cuando podemos situar el nacimiento de la genética clásica.

Aportaciones de Mendel al estudio de la herencia

Gregorio Mendel (1822-1884), nació en una familia de campesinos, entró en un monasterio en Brunn (actualmente Brno en Checoslovaquia) donde recibió educación. Asistió a la Universidad de Viena durante dos años, realizando estudios en matemáticas y ciencias. Después de fracasar en los exámenes para obtener el certificado de docencia al que aspiraba, se retiró al monasterio, del que llegó a ser abad. El trabajo de Mendel, llevado a cabo en el jardín del monasterio e ignorado hasta después de su muerte, marca el comienzo de la genética clásica.

Los experimentos de Mendel

El procedimiento experimental de Mendel se diferenciaba de los estudios de fiticultivos y cría de animales realizados hasta entonces, tanto por la fiabilidad en la elección del objeto y sus condiciones como por la hipótesis de trabajo y la evaluación de los resultados. He aquí un fragmento de la descripción de su trabajo:

«La importancia y la validez de cada uno de los experimentos está condicionada por la idoneidad de los medios auxiliares empleados en ellos: así como por la apropiada utilización de los mismos (...). Las plantas de ensayo deben necesariamente 1) poseer características con diferencias constantes; 2) sus híbridos han de estar protegidos, o han de ser fácilmente protegibles durante el período de floración de la influencia de cualquier polen ajeno; 3) los híbridos y su descendencia en las generaciones sucesivas no deberán sufrir ningún trastorno importante en su fertilidad (...). Para conocer la relación existente entre las formas híbridas entre sí y con las especies originarias parece indispensable que los miembros de cada generación de la serie evolutiva sean sometidos en su totalidad a observación» (Mendel, G., 1866, referencia tomada de Jahn, Lother y Senglaub, 1990).

Por otra parte, tras conocer la bibliografía sobre hibridación disponible hasta entonces, Mendel criticaba el hecho de que en ninguno de los experimentos precedentes se hubiesen comprobado los datos numéricos de las formas híbridas, cosa que, sin embargo, parecía ser la única vía válida de poder alcanzar finalmente la solución a un problema de importancia inestimable para la historia evolutiva de las formas orgánicas (Mendel, G., 1866, cita tomada de Jahn, Lother y Senglaub, 1990).

Mendel utilizó para sus experiencias especies de plantas de guisante (*Pisum sativum*) y se fijó en un número muy reducido de caracteres. Comenzaba sus experimentos cruzando **razas puras** (individuos que por autofecundación producen, generación tras generación, individuos iguales entre sí e iguales a sus progenitores). Esta generación se denomina **generación paterna**.

Cruzó razas puras de plantas de guisante con semillas de color amarillo con razas puras de plantas de guisante con semillas de color verde. Los descendientes de este cruce (**primera generación filial = F₁**) presentaban todas semillas de color amarillo.

Cuando cruzaba los individuos de la F_1 entre sí para obtener la F_2 , obtenía guisantes con semillas amarillas y verdes en la proporción 3:1. Por autofecundación de estas plantas, comprobó que los que manifestaban el color verde eran razas puras y, de los que manifestaban el color amarillo, 1/3 eran razas puras y 2/3 eran **híbridos** como los de la F_1 .

Las conclusiones de las investigaciones de Mendel se conocen, a partir de 1900, como «**reglas de Mendel**» (Correns) o «**leyes de Mendel**» (Von Tschermak) y se explican como sigue:

Primera ley. Ley de la uniformidad. La primera generación de híbridos tiene siempre una apariencia homogénea.

Segunda ley. Ley de la segregación. En las siguientes generaciones híbridas aparecen los caracteres de los progenitores en dominancia en la proporción 3:1 si se diferencia en un par de caracteres; se disgregan, por tanto, de manera regular.

Mendel dedujo que los organismos tienen dos informaciones («*elemente*», factores hereditarios) para cada carácter, heredados de los progenitores.

Actividad 2

Si representamos con **A** el factor hereditario que determina el color amarillo del albumen de las semillas y con **a** el que determina el color verde, estamos representando los caracteres antagónicos del albumen.

1. Expresar mediante esquemas los cruces realizados por Mendel, indicando el genotipo y el fenotipo de los individuos, los gametos y la proporción de fenotipos y genotipos en la descendencia.
2. ¿Qué resultados cabría esperar si los caracteres antagónicos no se separasen en los gametos?

Actividad 3

Leed el siguiente texto y analizad los resultados obtenidos por Mendel.

«Los experimentos que se hicieron en años previos con plantas ornamentales ya han suministrado pruebas de que los híbridos, por regla general, no son exactamente intermedios entre las especies paternas. En algunos de los caracteres más notables, por ejemplo, los que se refieren a la forma y tamaño de las hojas, la pubescencia de varias partes, etc., casi siempre se presentan formas intermedias; en otros casos, no obstante, uno de los dos caracteres paternos predomina tanto, que es difícil o completamente imposible detectar el otro en el híbrido. Esto es precisamente lo que ocurre en los híbridos del guisante. En cada uno de los siete cruzamientos, el carácter de los híbridos se parece a una de las formas paternas tan estrechamente, que el otro o bien escapa totalmente a la observación, o no puede detectarse con seguridad. Esta circunstancia es de gran importancia para determinar y clasificar las formas que aparecen en la descendencia de los híbridos. En lo sucesivo, en este trabajo, los caracteres que se transmiten completos o casi completos en la hibridación, y constituyen, por lo tanto, los caracteres del híbrido, se denominan **dominantes** y los que quedan latentes en el proceso, **recesivos**. Se ha escogido el término **recesivos** porque los caracteres así designados se retiran o desaparecen completamente en los híbridos pero, no obstante, reaparecen sin cambiar en su descendencia, como se demostrará más adelante.»

«Además, en todos los experimentos se demostró que no importa si el carácter dominante pertenece al progenitor portador de las semillas o del polen; la forma del híbrido es la misma en ambos casos.

De los caracteres diferenciales que se emplearon en los experimentos, son **dominantes** los siguientes:

1. La forma redonda o redondeada de las semillas, con o sin depresiones poco profundas.
2. La coloración amarilla del albumen de las semillas (cotiledones).
3. El color de la cubierta de las semillas gris, gris pardo o pardo de cuero, asociado con flores rojo violeta y manchas rojizas en las axilas de las hojas.
4. La forma simplemente hinchada de la legumbre.
5. La coloración verde de la legumbre no madura, asociada con el mismo color de los estambres, las venas de las hojas y del cáliz.

6. La distribución de las flores a lo largo del tallo.

7. La mayor longitud del tallo.»

Experimentos de hibridación en plantas. Conferencia pronunciada por Mendel los días 8 de febrero y 8 de marzo de 1865 (tomado de Marco, 1992).

A continuación, se presentan los resultados obtenidos por Mendel (en la segunda generación filial: F₂) con las plantas de guisantes:

Características	Cruces originales Dominante x Recesivo	Dominante	Recesivo	Total	Cociente
Formas de la semilla	Redondo x Rugoso	5.474	1.850	7.324	2,96:1
Color de la semilla	Amarillo x Verde	6.022	2.001	8.023	3,01:1
Posición de la flor	Axial x Terminal	651	207	858	3,14:1
Color de la flor	Púrpura x Blanco	705	224	929	3,15:1
Forma de la vaina	Inflado x Constricto	882	299	1.181	2,95:1
Color de la vaina	Verde x Amarillo	428	152	580	2,82:1
Largo del tallo	Alto x Enano	787	277	1.064	2,84:1

En una segunda serie de experimentos, Mendel cruzó individuos de razas puras que se diferenciaban en dos caracteres, por ejemplo, color y aspecto de las semillas. Realizó el cruzamiento de plantas de guisante de semillas amarillas y lisas con plantas de semillas verdes y rugosas. En la F₁ todas las plantas tenían semillas amarillas y lisas. Al cruzar los individuos de la F₁ entre sí, obtuvo en la F₂ semillas amarillas y lisas, semillas amarillas y rugosas, semillas verdes y lisas y semillas verdes y rugosas en la proporción 9:3:3:1 (**Mendel obtuvo 556 semillas. De ellas, 315 mostraron los dos caracteres dominantes, redondo y amarillo, pero sólo 32 combinaron los caracteres recesivos, verde y rugoso. Todas las semillas restantes fueron distintas de cualquiera de los padres: 101 fueron rugosas y amarillas y 108 redondas y verdes. Habían aparecido combinaciones de caracteres totalmente nuevas.**)

Actividad 4

Las hipótesis posibles para la transmisión de dos caracteres son:

1. Los caracteres no antagónicos (alelos para distintos caracteres) se heredan siempre juntos. (En los gametos, siempre van juntos los mismos alelos.)
 2. Los caracteres no antagónicos se heredan independientemente unos de otros. (El hecho de que dos alelos vayan juntos en los gametos que forma la generación paterna, no significa que vayan juntos en los gametos formados por la F₁.)
- ¿Cuál de las dos hipótesis se confirma con los resultados obtenidos por Mendel?
 - Realizad los cruces correspondientes en los dos casos e indicad las proporciones fenotípicas esperadas en cada caso.

Tercera ley. Ley de la independencia. Cada carácter es transmitido de los padres a la descendencia independientemente de los demás y sin «mezclarse» en ningún caso.

Actividad 5

Los trabajos de Mendel pasaron desapercibidos desde su publicación en 1866 hasta que fueron redescubiertos por De Vries, Correns y Von Tschermak en 1900.

- ¿Por qué crees que pasaron desapercibidos los trabajos de Mendel?

Actividad 6

Correns no utilizó para sus experimentos plantas de guisante, sino la planta llamada «dondiego de noche», y se fijó en el color de las flores.

Al cruzar una raza pura de flores blancas con otra raza pura de flores rojas, obtuvo descendientes híbridos de flores rosas. Al cruzar las plantas de la F_1 , obtuvo en la F_2 plantas con flores blancas, con flores rosas y con flores rojas en la proporción de 1:2:1.

- Explicad los resultados obtenidos por Correns.

Actividad 7

Un individuo presenta el fenotipo dominante respecto a un determinado carácter. ¿Cómo averiguaríamos si es homocigótico o heterocigótico?

- Discutid de qué depende el fenotipo.
- Planificad posibles estrategias utilizando la información teórica y justificando, en función de ella, cada paso.
- Contrastad las hipótesis propuestas por los diferentes grupos.
- Explicad los resultados esperados y el mecanismo hereditario en que se fundamentan.

Actividad 8

Resolvad los siguientes problemas:

- En el hombre la falta de pigmentación (albinismo) es el resultado de un alelo recesivo **a** y la pigmentación normal es consecuencia del alelo dominante **A**. Dos padres que no son albinos, tienen un hijo que lo es, ¿los restantes hijos también serán albinos?
- La talasemia es una enfermedad hereditaria de la sangre humana que produce anemia. La talasemia mayor se da en los individuos homocigóticos (**TT**). La talasemia menor en los heterocigóticos (**TN**). Los individuos sin talasemia son homocigóticos (**NN**). Si todos los individuos con talasemia mayor mueren antes de la madurez sexual, ¿qué proporción de hijos sin talasemia puede esperar un matrimonio formado por una mujer sin talasemia y un hombre talasémico menor?
- Una variedad de gallinas presenta patas con plumas (**P** dominante) y otra patas sin plumas (**p** recesivo). La cresta puede tener forma de guisante (**G** dominante) o forma sencilla (**g** recesivo). Se cruza una gallina pura de cresta sencilla y patas con plumas con otra gallina pura de caracteres antagónicos. De la F_2 separamos las que tienen crestas sencillas y patas con plumas y las cruzamos al azar. ¿Qué genotipos y fenotipos cabe esperar en la F_3 ?
- Una planta de jardín presenta dos variedades: una de flores rojas y hojas alargadas y otra de flores blancas y hojas pequeñas. El carácter color de las flores sigue una herencia intermedia, y el carácter tamaño de la hoja presenta dominancia del carácter alargado. Si se cruzan ambas variedades, ¿qué proporciones genotípicas y fenotípicas aparecerán en la F_2 ? ¿Qué proporción de las flores rojas y hojas alargadas de la F_2 serán homocigóticas?
- Existe una variedad de cerdos que engordan mucho y crecen lentamente. Ambos caracteres dependen de dos genes dominantes e independientes, **E** y **L**, respectivamente. Los respectivos alelos recesivos **e** y **l** determinan cerdos que engordan muy poco, pero crecen muy rápidamente. ¿Podría obtenerse una variedad de cerdos que engorden mucho y crezcan también rápidamente? ¿En qué generación se obtendría? ¿En qué proporción? Explicad con detalle el procedimiento.
- La forma de los rábanos puede ser larga (**LL**), redonda (**RR**) u ovalada (**LR**). Si se cruzan plantas de rábanos largos con plantas de rábanos ovalados y después se permite que las plantas de la F_1 se fecunden al azar entre sí ¿Qué proporción fenotípica aparecerá en la F_2 ?
- Los colores del pelaje de la raza de ganado Shorthorn representa el ejemplo clásico de alelos codominantes. El rojo está determinado por el genotipo homocigótico **RR**, el roano (mezcla de rojo y blanco) por el genotipo heterocigótico **RB** y el blanco por el genotipo homocigótico **BB**.
 - Cuando los Shorthorns roanos son cruzados entre sí, ¿qué proporción genotípica y qué proporción fenotípica podemos esperar entre su progenie?

... — ...

- b) Si los Shorthorns rojos son cruzados con roanos y la progenie F_1 es cruzada entre sí para producir la F_2 , ¿qué porcentaje de F_2 podría ser roano?
- 8.º En los tomates el fruto rojo es dominante sobre el amarillo, y el carácter alto es dominante sobre el enano. ¿Qué proporciones fenotípicas y genotípicas podrías predecir para la descendencia de progenitores, uno de los cuales es rojo homocigótico y alto homocigótico y el otro es alto heterocigótico y rojo heterocigótico?
- 9.º En el conejo, la piel manchada (**S**) es dominante sobre la piel uniforme (**s**); y el negro (**B**) es dominante sobre el pardo (**b**). Un conejo manchado pardo se cruza con un ejemplar negro uniforme, todos los descendientes son negros manchados. ¿Cuáles son los genotipos de los padres? ¿Cuál sería el aspecto de la F_2 si dos de estos animales de la F_1 se cruzan entre sí?
- 10.º El pelo corto se debe a un gen dominante (**L**) en los conejos; el pelo largo a su alelo recesivo (**l**). Un cruce entre una hembra de pelo corto y un macho de pelo largo produjo una camada de 8 conejos: 1 con pelo largo y 7 con pelo corto.
- a) ¿Cuál es el genotipo de los progenitores?
- b) ¿Qué proporción fenotípica era de esperar en la generación de descendientes?
- 11.º Una planta produce naranjas amargas y sin pepitas. Esta planta se cruza con otra igual a ella. En la descendencia que resulta de este cruce hay cuatro clases de plantas: amargas con pepitas, amargas sin pepitas, dulces con pepitas, dulces sin pepitas. Se pregunta el genotipo de los progenitores.
- 12.º La capacidad de gustar un producto amargo, la feniltiocarbamina (**FTC**), se debe a un alelo dominante. En términos de capacidad gustativa,
- a) ¿cuáles son los fenotipos posibles de un hombre cuyos padres son gustadores? ¿Cuáles son los genotipos posibles?
- b) Si el hombre de la pregunta anterior se casa con una mujer que no percibe ese sabor ¿qué proporción de sus hijos serán gustadores? Suponga que uno de los hijos no percibe este sabor, ¿qué se podría saber acerca del genotipo del padre?
- c) Un gustador y un no gustador tienen cuatro hijos, todos los cuales pueden gustar el **FTC**, ¿cuál es el genotipo probable del padre que es gustador? ¿Hay alguna otra posibilidad?
- 13.º La **FCU**, fenilcetonuria, es una enfermedad causada por la presencia de dos alelos recesivos de un gen determinado. Los individuos homocigóticos para el alelo dominante de este gen o los que son heterocigóticos no muestran signos de la enfermedad. Si dos padres sanos tienen un hijo con **FCU**, ¿cuáles son sus genotipos respecto a la enfermedad?

¿Dónde se localizan los genes?

En 1902 Sutton, estudiando la formación de las células sexuales, intuyó que los factores hereditarios (denominados **genes** en 1909) se encontraban en los cromosomas. Su intuición se basaba en el paralelismo que existe entre el comportamiento de los cromosomas y el de los genes.

- En primer lugar, en las células diploides de los seres vivos hay dos cromosomas de cada tipo llamados **cromosomas homólogos**, uno heredado del padre y otro de la madre.
- En segundo lugar, los cromosomas homólogos se separan durante la meiosis y va cada uno a un gameto. Igualmente, según la tercera ley de Mendel, los genes alelomorfos o alelos se separan y segregan en los gametos.

Boveri en las mismas fechas llegó a conclusiones similares a las de Sutton.

Actividad 9

- Realiza los cruces de las investigaciones de Mendel, según la teoría cromosómica de la herencia.

Actividad 10

En la meiosis se separan cromosomas homólogos, por tanto los genes que se encuentran en diferentes cromosomas se distribuyen en los gametos independientemente uno del otro (tercera ley de Mendel). Sin embargo, los genes que se hallan en el mismo cromosoma tienden a permanecer juntos en los gametos (son llamados **genes ligados o enlazados**).

- ¿Cómo podrías comprobar si los genes que determinan dos caracteres están ligados o se encuentran en cromosomas diferentes?
- a) Diseñad posibles estrategias para contrastar las hipótesis anteriores.
 - b) Discutid las estrategias propuestas por los diferentes grupos.
 - c) Explicad los resultados esperados.

¿Qué determina tu grupo sanguíneo?

Actividad 11

La figura representa el árbol genealógico de una familia con respecto a los grupos sanguíneos principales (el círculo representa a las mujeres, el cuadrado a los hombres).

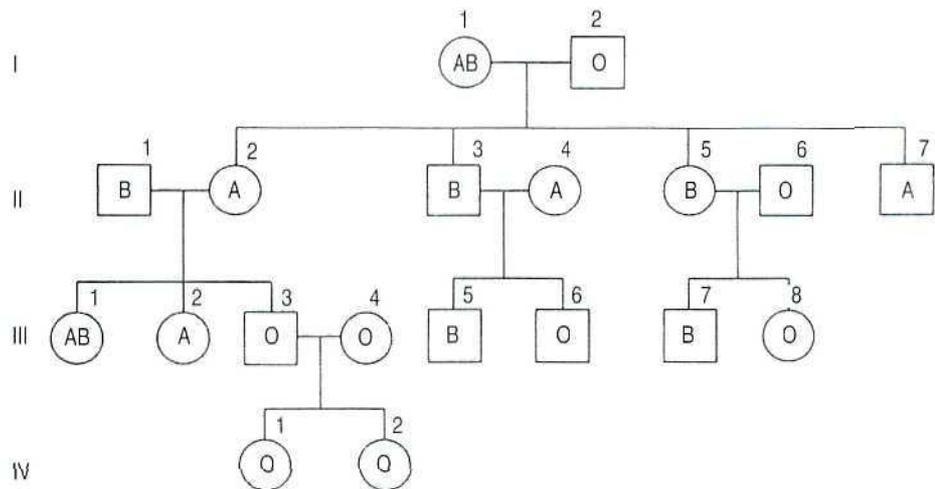


Figura 10. Árbol genealógico de una familia respecto al grupo sanguíneo.

Estableced cuáles son los alelos dominantes y los alelos recesivos e indicad si se da el caso de herencia con codominancia.

El máximo número de alelos que cualquier individuo posee para un carácter determinado es de dos, uno en cada cromosoma homólogo. Pero, puesto que un gen puede ser cambiado a formas alternativas por el proceso de mutación, teóricamente es posible un gran número de alelos en una población de individuos.

Cuando más de dos alelos son identificados en el locus de un gen, hablamos de una **serie alélica múltiple**. Uno de los casos más conocidos de serie alélica múltiple es el sistema de grupos sanguíneos ABO. Como es bien conocido, existen cuatro grupos sanguíneos (cuatro fenotipos) en la especie humana: A, B, AB y O. Estos grupos sanguíneos están determinados por un gen que presenta tres formas alélicas diferentes: I^A , I^B e I^O . Los alelos I^A y I^B son codominantes y ambos dominan sobre el alelo I^O , que es recesivo.

Los genotipos de cada grupo sanguíneo son los siguientes:

Grupos sanguíneos	Genotipos
A	$I^A I^A$; $I^A i^0$
B	$I^B I^B$; $I^B i^0$
AB	$I^A I^B$
O	$i^0 i^0$

El sistema del grupo sanguíneo ABO en la especie humana está determinado por la presencia de antígenos en los glóbulos rojos y anticuerpos en el plasma sanguíneo.

Actividad 12

Resolvad los siguientes problemas:

- Un hombre es sometido a juicio de paternidad por una mujer del grupo A que tiene un hijo del grupo O. Se quiere saber:
 - Si el hombre (que es del grupo sanguíneo AB) puede ser padre del niño. Explicad la respuesta.
 - ¿Qué genotipo es posible para el padre?
- Un hombre del grupo sanguíneo A y una mujer del grupo sanguíneo B tienen cinco hijos, de los cuales uno tiene el grupo AB, dos el A y dos el O. Señala razonadamente el genotipo de los padres.
- ¿Cuál podría ser el grupo sanguíneo de los padres de un individuo cuyo grupo sanguíneo es A?

Niño o niña: ¿qué es lo que lo decide?

La mayor parte de los mecanismos que determinan el sexo está bajo control genético. En la especie humana (y en otras especies de animales), el sexo está determinado por dos cromosomas llamados **cromosomas sexuales o heterocromosomas**. La presencia del cromosoma Y determina la tendencia a la masculinidad. Los hombres son cromosómicamente XY y las mujeres XX. Como el hombre genera dos clases de gametos, por lo que a los cromosomas sexuales se refiere, se dice que es **heterogamético**. La mujer que sólo produce un tipo de gametos, con respecto a los cromosomas sexuales, es **homogamética**.

Cualquier gen localizado en el cromosoma X se dice que está **ligado al sexo**. Ejemplos de herencia ligada al sexo, en la especie humana, son la transmisión del daltonismo (ceguera para los colores) y de la hemofilia.

Actividad 13

¿Qué proporción sexual se espera en cada generación?

Actividad 14

En *Drosophila melanogaster* (mosca del vinagre), el color blanco de los ojos está determinado por un gen recesivo, el color rojo (normal) es dominante.

Morgan y colaboradores cruzaron una hembra de ojos normales (rojos) con un macho de ojos blancos. Como resultado del cruzamiento, todos los individuos de la F_1 tuvieron los ojos normales. Al cruzar los individuos de la F_1 , obtuvieron una F_2 en la que el 75% de los individuos tenía ojos normales y el 25% (integrado exclusivamente por machos) ojos blancos.

Al realizar el cruzamiento de una hembra de ojos blancos con un macho de ojos normales, en la F_1 todas las hembras tuvieron los ojos normales y todos los machos tuvieron los ojos blancos. El cruzamiento de la F_1 dio como resultado una generación F_2 en la que el 50% de las hembras tuvo ojos rojos y el 50% ojos blancos, y lo mismo ocurrió con los machos.

- Formulad hipótesis que expliquen los resultados obtenidos por Morgan y colaboradores.
- Contrastad las hipótesis propuestas por los distintos grupos.
- Explicad los resultados obtenidos y el mecanismo hereditario en que se fundamentan.

Actividad 15

Muchos descendientes de la reina Victoria de Gran Bretaña padecieron hemofilia, enfermedad que les había sido transmitida por ella.

Este árbol representa la genealogía de los descendientes de la reina Victoria. En él se representa a las personas afectadas o no afectadas por la hemofilia, así como las portadoras del alelo de la hemofilia. Indicar el genotipo de los descendientes de la reina Victoria respecto a este carácter.

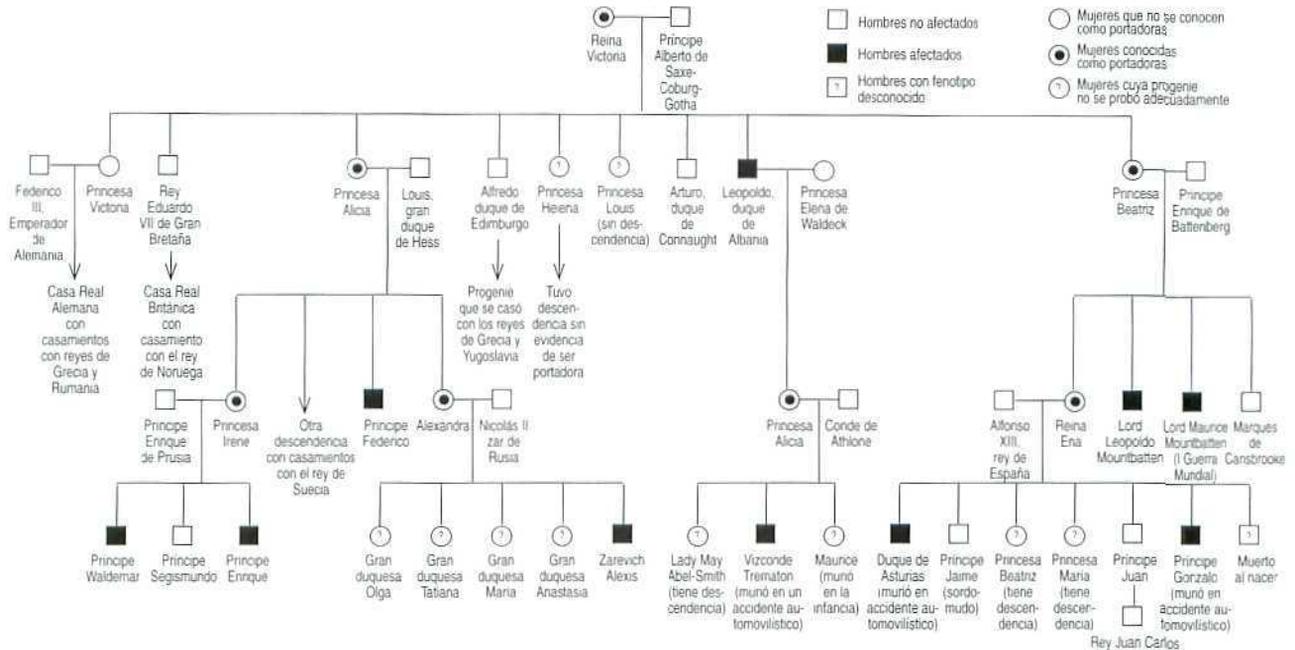


Figura 11. Árbol genealógico de los descendientes de la reina Victoria de Gran Bretaña (Curtis y Sue Barnes, 1992).

Actividad 16

Resolvad los siguientes problemas:

- 1.º Un par de alelos para el pelaje de los gatos está ligado al sexo. El alelo **B** produce color amarillo, el **N** produce pelaje negro y el heterocigótico **BN** produce color gris. ¿Qué clase de descendencia saldrá del cruce de un macho negro y una hembra gris?
- 2.º Las plumas rayadas de las gallinas se heredan por un par de genes ligados al sexo; **B** determina las plumas rayadas, en tanto, **b** determina las plumas sin rayar. Si una gallina con pluma rayada se cruza con un gallo sin este carácter, ¿qué aspecto será el de la descendencia?

Nota. En las aves, las hembras son heterogaméticas y los machos homogaméticos.

- 3.º En los hijos varones de un matrimonio los hay daltónicos y con visión correcta; las hijas, en cambio, tienen visión correcta. Se quiere saber el genotipo del padre y el de la madre.
- 4.º Una pareja, en la que la visión de ambos es correcta, tiene cuatro hijos. En ellos y sus descendientes se aprecian las siguientes características:
 - a) Una hija con visión correcta, que tiene un hijo con visión correcta y un hijo y una hija daltónicos.
 - b) Una hija con visión correcta, con tres hijos y dos hijas con visión correcta.
 - c) Un hijo daltónico, con dos hijas con visión correcta.
 - d) Un hijo con visión correcta, con dos hijas y dos hijos con visión correcta.

Construid la genealogía de esta familia e indicad en cada caso los genotipos probables.

- 5.º Si una mujer no portadora de la hemofilia se casa con un hombre hemofílico, ¿qué porcentaje de su descendencia masculina se espera que sea hemofílica?
- 6.º En *Drosophila*, un gen dominante **R** ligado al sexo determina que el ojo sea reducido. El alelo recesivo **r** determina ojo normal. Una hembra homocigótica normal se cruza con un macho de ojo reducido. ¿Cuales serán los genotipos y fenotipos de la F_1 y F_2 ?

Investigación sobre la herencia

Actividad 17

Como hemos visto en la Actividad 14, Morgan y colaboradores estudiaron la transmisión de caracteres hereditarios en la mosca del vinagre (*Drosophila melanogaster*). En esta actividad os proponemos realizar tres investigaciones utilizando el material de estudio de Morgan. Recordad que en una investigación podemos diferenciar las siguientes etapas:

1. Planteamiento del problema.
2. Planificación de la investigación.
3. Realización de la investigación.
4. Recogida de datos.
5. Interpretación de los datos y extracción de conclusiones.
6. Comunicación de la investigación y de los resultados.

Investigación 1

En el laboratorio disponemos de una población de moscas del vinagre con dos tipos de alas: de tamaño normal, hasta el final del abdomen; y cortas o *vestigiales* que sólo alcanzan un tercio del abdomen. Toda la población descende de un mismo cruce.

- ¿Cómo podríamos identificar el genotipo y el fenotipo de las moscas que dieron origen a esta población?

Investigación 2

En la *Drosophila melanogaster*, las alas pueden ser de tamaño normal o reducido (*vestigiales*) y el color del cuerpo puede ser normal u oscuro (*ébony*).

Una hipótesis, formulada por otros compañeros pero que no ha sido contrastada, es que ambos caracteres se heredan siempre juntos.

- Realizad una investigación que permita contrastar dicha hipótesis.

Investigación 3

Las hembras y los machos de *Drosophila* son fácilmente identificables: los machos en el final del abdomen presentan una pigmentación oscura de la que carecen las hembras.

- ¿Cómo podríamos identificar caracteres determinados por genes ligados al sexo?

¿Cómo se producen las variaciones?

Actividad 18

- Escribe tres frases en las que salga la palabra *mutación* y tres frases en las que salga la palabra *mutante*.
- Indica si estás de acuerdo o en desacuerdo con las siguientes frases:
 1. «Las mutaciones siempre producen monstruos.»
 2. «Las mutaciones sólo producen cambios externos.»
 3. «Las mutaciones ocurren tanto en animales como en vegetales.»
 4. «Sólo se transmiten mutaciones favorables.»

En 1902, el botánico holandés Hugo de Vries, comunicó los resultados de sus estudios sobre herencia mendeliana realizados con la hierba del asno o diego de noche. Encontró que la herencia en esta especie generalmente era ordenada y pronosticable, como ocurría con el guisante. Sin embargo, ocasionalmente aparecía alguna característica que no estaba presente en los padres ni en ningún antecesor de esta planta. De Vries conjeturó que estas características surgían como

resultado de cambios en los genes y que la característica producida por un gen cambiado se transmitía luego a la progenie, como cualquier otra característica hereditaria. De Vries denominó **mutaciones** a estos cambios hereditarios repentinos, y a los organismos que exhiben estos cambios, **mutantes**.

Actividad 19

El caso de las ovejas de pata corta

En 1791, en la granja de Seth Wrioth en Nueva Inglaterra, nació un carnero atípico, tenía patas cortas y torcidas, como aparece en la figura.

Esto le hizo pensar a Seth que si esas patas cortas se pudiesen heredar, él sería capaz de criar un rebaño entero de ovejas de pata corta. Entonces no necesitaría poner vallas tan altas alrededor de su granja y gastaría menos dinero en materiales.

Seth utilizó el carnero para criar. Dos de las crías tenían patas muy cortas y torcidas.

Cruzando a estas dos ovejas, Seth obtuvo un rebaño entero de este tipo: la raza Ancon.

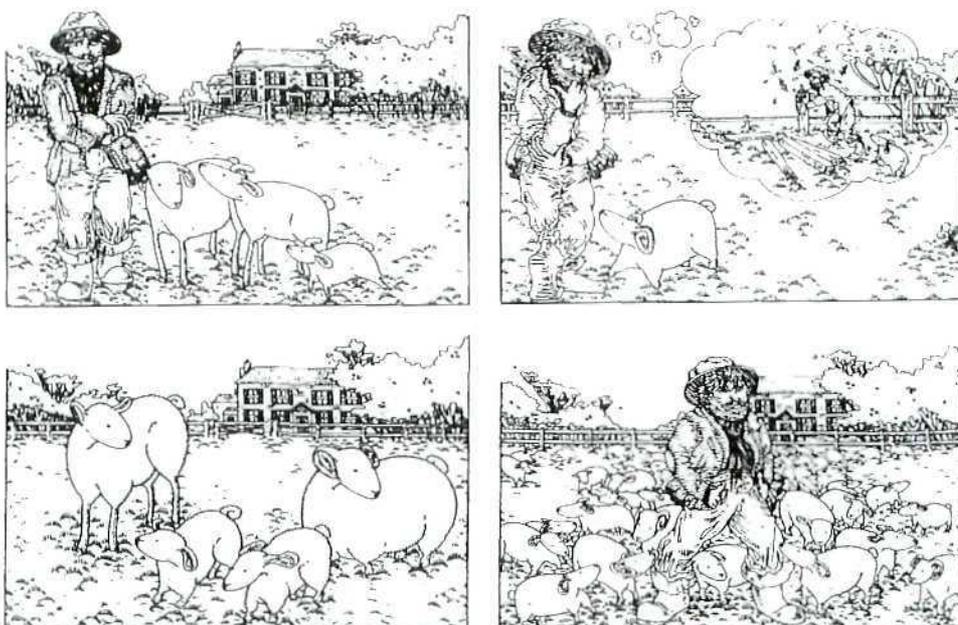


Figura 12. Viñetas tomadas del (British Museum-Natural History, 1992).

- Realizad los cruces que permitieron conseguir la raza Ancon, explicad los resultados obtenidos y el mecanismo hereditario en que se fundamentan.

Actividad 20

Si aparece una mutación en el cromosoma X o Y de un óvulo humano y el carácter mutante es recesivo.

- ¿Qué tipo de espermatozoide debe fecundar el óvulo para que la mutación se exprese en F_1 ?

Actividad 21

Éste es el cariotipo de una persona, en el que las parejas de cromosomas homólogos están ordenados de mayor a menor tamaño.

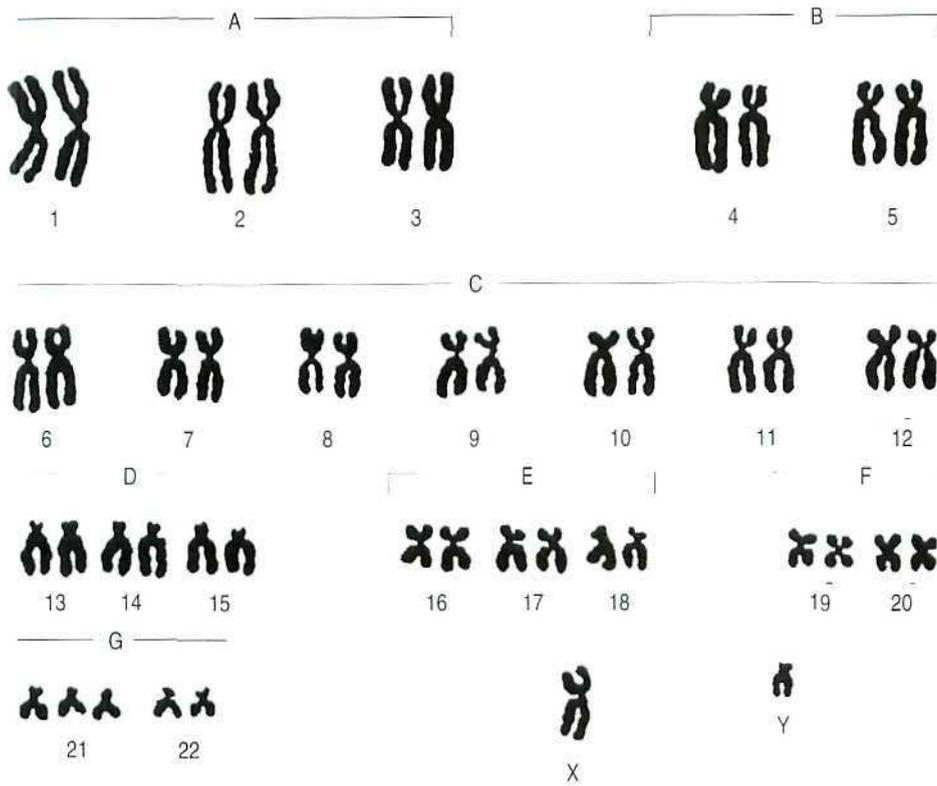


Figura 13. Cariotipo de una persona con el síndrome de Down (tomado de Curtis y Sue Barnes, 1992).

Después de estudiar el cariotipo, contestad a las siguientes cuestiones justificando las respuestas:

1. ¿Cuál es el sexo de esa persona?
2. ¿En qué fase de la división celular se observaron y fotografiaron los cromosomas?
3. ¿Presenta alguna mutación? En caso afirmativo, ¿cuál es y cómo se originó?

Actividad 22

A continuación, se presenta un glosario de conceptos de genética.

Elabora un mapa conceptual con dichos conceptos.

<i>Herencia.</i>	Transmisión de caracteres de los ascendientes a los descendientes.
<i>Genética (1905).</i>	Ciencia que estudia la herencia y la variación.
<i>Genes (1909).</i>	«Factores mendelianos.» Unidades hereditarias que se transmiten de una generación a la siguiente.
<i>Genotipo.</i>	Conjunto de genes que porta una célula o un organismo con referencia a una sola característica o a un conjunto de características; la suma total de genes presentes en un individuo.
<i>Fenotipo.</i>	Características observables de un organismo que resultan de las interacciones entre el genotipo y el ambiente.
<i>Alelos.</i>	Dos o más formas diferentes de un gen. Los alelos ocupan la misma posición (locus) en los cromosomas homólogos y se separan en la meiosis.
<i>Locus.</i>	Posición específica que ocupa un gen en un cromosoma; para cualquier locus dado puede haber varios alelos posibles.
<i>Individuo homocigótico (raza pura).</i>	Individuo que para un carácter posee dos alelos iguales.
<i>Individuo heterocigótico (híbrido).</i>	Individuo que para un carácter posee dos alelos diferentes.
<i>Alelo dominante.</i>	El alelo que se manifiesta en el fenotipo tanto si el genotipo es homocigótico como si es heterocigótico.
<i>Alelo recesivo.</i>	Alelo que sólo se manifiesta en el fenotipo si el genotipo es homocigótico.
<i>Alelos codominantes.</i>	Ambos se manifiestan en el fenotipo cuando el genotipo es heterocigótico.
<i>Mutación.</i>	Cambio o variación heredable del material genético; el cambio de un gen de una forma alélica a otra.
<i>Mutante.</i>	Organismo que lleva un gen que ha sufrido una mutación.
<i>Individuo homocigótico (raza pura).</i>	Individuo que para un carácter posee dos alelos iguales.
<i>Individuo heterocigótico (híbrido).</i>	Individuo que para un carácter posee dos alelos diferentes.
<i>Alelo dominante.</i>	El alelo que se manifiesta en el fenotipo tanto si el genotipo es homocigótico como si es heterocigótico.
<i>Alelo recesivo.</i>	Alelo que sólo se manifiesta en el fenotipo si el genotipo es homocigótico.
<i>Alelos codominantes.</i>	Ambos se manifiestan en el fenotipo cuando el genotipo es heterocigótico.
<i>Mutación.</i>	Cambio o variación heredable del material genético; el cambio de un gen de una forma alélica a otra.
<i>Mutante.</i>	Organismo que lleva un gen que ha sufrido una mutación.

Actividad 23

A lo largo de esta Unidad hemos visto una serie de enfermedades de origen genético (hemofilia, daltonismo, albinismo, talasemia, etc.).

- Buscad información sobre otras enfermedades de origen genético. ¿Cuáles son sus síntomas?, ¿cómo se tratan?, ¿qué papel puede representar el diagnóstico prenatal de estas enfermedades?

Actividad 24

Al resolver los problemas de la actividad 8, habéis indicado cómo se pueden obtener variedades de cerdos que engorden mucho y rápidamente o de naranjas dulces y sin pepitas.

- Elaborad un informe sobre la utilización de los conocimientos de genética para la mejora de plantas y animales.
- Exposición de los informes de los distintos grupos.

V. Bibliografía

- AA.VV. (1991): *Ciencia-Futuro (Enciclopedia of the Earth)*. Barcelona: Grijalbo.
- ALLARD, R. (1978): *Principios de la mejora genética de plantas*. Barcelona: Omega.
- ALBALADEJO, C. y CAAMAÑO, A. (1992): *Los trabajos prácticos. Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza. Curso de Actualización Científica y Didáctica*. Madrid: MEC.
- ALBALADEJO, C. y otros (1989): *El cos humá. Iniciació a l'anatomía y fisiología humá*. Barcelona: Alhambra.
- ALBALADEJO, C. y otros (1993): *La ciència a l'aula. Activitats d'aprenentatge en ciències naturals*. Barcelona: Barcanova.
- ASSESSMENT PERFORMANCE UNIT (1984): *Assessing investigations: ages 13 and 15, Science Reports for Teachers, 2*, Ase.
- ASTOLFI, J. P. y VERIN, A. (1985): *Formation Scientifique et travail autonome*. París: INRP.
- AUSUBEL, D. P. (1976): *Psicología Educativa: un punto de vista cognitivo*. México: Trillas.
- BRITISH MUSEUM (NATURAL HISTORY) (1992): *El origen de las especies*. Madrid: Akal.
- CAAMAÑO ROS, A. (1988): «Tendencias actuales en el currículo de ciencias.» *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 265-277.
- CAAMAÑO, A. y HUETO, M. A. (1992): *Orientaciones teórico-prácticas para la elaboración de unidades didácticas. Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza. Curso de Actualización Científica y Didáctica*. Madrid: MEC.
- CAAMAÑO ROS, A. (1994): «Estructura y evolución de los Proyectos de Ciencias.» *Alambique*, núm. 1, 8-20.
- CABALLER, M.ª J. (1993): «Planteamiento de problemas como estrategia de aprendizaje en la enseñanza de la Geología.» *Aspectos didácticos de Ciencias Naturales. Geología*, 5. Zaragoza: ICE Universidad de Zaragoza.
- COHEN, D. (1994): *Los genes de la esperanza. En busca del genoma humano*. Barcelona: Seix Barral.
- COLL, C. (1984): «Estructura grupal, interacción entre alumnos y aprendizaje escolar.» *Infancia y Aprendizaje*, 27-28, 119-138.
- CURTIS, H. y SUE BARNES, N. (1992): *Biología*. Argentina: Editorial Médica Panamericana.
- DRIVER, R. (1986): «Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos.» *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3.

Bibliografía
citada en
el texto

- DRIVER, R. y OLDHAM, V. (1988). «Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en Ciencias.» *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.
- DRIVER, R.; GUESNE, E. y TIBERGHEN, A. (1989): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: M.E.C./Morata.
- FERNÁNDEZ MANZANAL, R. (1993): «La Ecología en la Educación Ambiental. Influencia del trabajo de campo en el aprendizaje de conceptos y relaciones de Ecología en el Bachillerato.» (Tesis doctoral: Universidad de Santiago de Compostela.)
- FERNÁNDEZ MANZANAL, R. y RODRÍGUEZ BARREIRO, L. M.^a: «Los mapas conceptuales como instrumento de evaluación. Análisis de una experiencia en el área de ciencias.» *Revista de Educación* (en prensa).
- FORMAN, E. A. y CAZDEN, C. B. (1984): «Perspectivas Vygotskianas en la educación: el valor cognitivo de la interacción entre iguales.» *Infancia y Aprendizaje*, 27-28, 139-157.
- FOUREZ, G. (1994): *La construcción del conocimiento científico*. Madrid: Narcea.
- GAGLIARDI, R. (1988): «Cómo utilizar la Historia de las Ciencias en la enseñanza de las Ciencias.» *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), 291-296.
- GIL, D. (1993): «Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación.» *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2) 197-212.
- GIL, D. y MARTÍNEZ, J.(1987): «Los programas-guía de actividades: una concreción del modelo constructivista del aprendizaje de las ciencias.» *Investigación en la Escuela*, 3, 3-12.
- GIL, D. y otros (1991): *La Enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: Horsori-ICE Universidad de Barcelona.
- GIORDAN, A. y De VECCHI, G. (1988): *Los orígenes del saber*. Sevilla: Diada.
- GIORDAN, A. y otros (1988): *Conceptos de Biología 1 y 2*. Madrid y Barcelona: Labor/MEC.
- GOULD, S. J. (1983, 1984, 1987): *Desde Darwin, El pulgar del panda, Dientes de gallina y dedos de caballo, La sonrisa del flamenco*. Madrid: Hermann Blume.
- GOULD, S. J. (1993, 1994): *Brontosaurus y la nalga del ministro, Ocho cerditos*. Barcelona: Crítica. Grijalbo.
- GRUPO ALKALI (1985): «Ciencia y fantasía en el aula.» *Cuadernos de Pedagogía*, 125, 37-39.
- GRUPO ALKALI (1986): *Apuntes para un taller de Ciencias*. Badajoz: Asociación pedagógica Evax.
- GRUPO ALKALI (1990): *La utilización de la ciencia-ficción en las clases de Ciencias. (Documentos de trabajo.) Curso de actualización Científica y Didáctica en Ciencias Experimentales*. Zaragoza.
- GUTIÉRREZ, R. (1987): *El desarrollo mental*. (En: Marco B. y otros. *La enseñanza de las ciencias experimentales*. Proyecto 12/16). Madrid: Narcea.
- HALLAN, A. (1985): *Grandes controversias geológicas*. Madrid: Labor.
- HEWSON, P. (1981): «A conceptual change approach to learning Science.» *European Journal of Science Education*, 3, 4, 383-396.
- HEWSON, P. (1989): «A aprendizaje como cambio conceptual. Entrevista por M. P. Jiménez.» *Revista Galega de Educación*, núm. 10.

- HODSON, D. (1994): «Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio.» *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 299-313.
- HODSON, D. y BREWSTER, J. (1985): «Towards science profiles.» *School Science Review*, 67, 231-240.
- HUETO, M. A. y SANCHO, J. (1992): *Implicaciones Didácticas del DCB en Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas*. Zaragoza: ICE Universidad de Zaragoza, colección Educación Abierta, núm. 98.
- JAHN, I.; LOTHER, R. y SENGLAUB, K. (1990): *Historia de la Biología*. Barcelona: Labor.
- JIMÉNEZ, M. P. y otros (1991): «Pero, ¿existe el Área de Ciencias?» *Cuadernos de pedagogía*, núm. 188, 64-66.
- JIMÉNEZ, M. P. (1989): *Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual*. (Tesis doctoral: Madrid.)
- JIMÉNEZ, M. P. (1991): «Cambiando las ideas sobre el cambio biológico.» *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 248-256.
- JORBA, J. y SANMARTÍ, N. (1993): «La función pedagógica de la evaluación.» *Aula* 20, 20-30.
- LÓPEZ RUPÉREZ, F. y otros (1986): «Evolución del nivel piagetiano de desarrollo cognitivo en alumnos de Bachillerato. Un estudio longitudinal.» *Revista de Psicología General y Aplicada*, 41 (5), 849-870.
- MARCO, B. (1984): *Historia de la ciencia. Material didáctico*. Madrid: Documentos I.E.P.S.
- MARCO, B. (1992): *Historia de la Ciencia*. Madrid: Narcea/M.E.C.
- MARTIN, E. (1983). «Jugando a hacer Historia: Los juegos de simulación como recurso didáctico.» *Infancia y aprendizaje*, 23, 68-92.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (1987): *Pruebas de aptitud para el acceso a la Universidad*. Madrid: M.E.C. Colección Documentos y materiales de trabajo.
- MIGUEL, C. A. y otros (1991): *Ciencias Naturales BUP-3*. León: Everest.
- MILLAR, R. (1991): «A means to an end: the role of processes in science education.» Woolnough, B. *Practical Science*. Londres: Open University Press.
- MILLER, R. (1988): *Continentes en colisión*. Colección Planeta Tierra. Madrid: Planeta.
- NOVAK, J. D. (1991). «Ayudar a los alumnos a aprender cómo aprender. La opinión de un profesor-investigador.» *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 215-228.
- NOVAK, J. D. y GOWIN, D. B. (1988): *Aprendiendo a aprender*. Barcelona. Martínez Roca.
- NUFFIELD COORDINATED SCIENCES (1992): *Biology*. Londres: Longman.
- OSBORNE R. y FREYBERG, P. (1991): *El aprendizaje de las Ciencias*. Madrid: Narcea.
- OVEJERO, A. (1990): *El aprendizaje cooperativo. Una alternativa eficaz a la enseñanza tradicional*. Barcelona: PPU.
- PATTEN, J. V. y otros (1986): «A Review of Strategies for Sequencing and Synthesizing Instruction.» *Review of Educational Research*, V 56 (4), pp. 437-471.
- PEDRINACI, E. (1994): «El proceso de diferenciación en capas de nuestro planeta.» *Alambique*, núm. 1, 139-141.

- PERRET-CLERMONT, A. N. (1984): *La construcción de la inteligencia en la interacción social*. Madrid: Visor.
- POSNER, G. J. y otros (1982): «Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change.» *Science Education*, 66, 211-227.
- POZO, J. I. (1987): *Aprendizaje de las ciencias y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- POZO, J. I. (1989): *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- POZO, J. I. (1992): «El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos. En COLL y otros.» *Los contenidos en la reforma*, Aula XXI. Madrid: Santillana.
- POZO, J. I. (1992): «Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las ciencias.» *Curso de Actualización Científica y Didáctica*. Madrid: MEC.
- POZO, J. I. (1993): «Psicología y Didáctica de las ciencias de la naturaleza. ¿Concepciones alternativas?» *Infancia y Aprendizaje*, 62-63, 187-204.
- POZO, J. I. y otros: «Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva.» *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 83-94.
- REID, D. J. y HODSON, D. (1993): *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.
- RODRÍGUEZ BARREIRO y otros (1992): «Una propuesta integral de evaluación en ciencias.» *Enseñanza de las Ciencias*, 10 (3), 254-267.
- SAN VALERO, C. (1987): *Propuesta Curricular de Biología y Geología para el segundo ciclo de la Enseñanza secundaria Obligatoria*. Generalitat Valenciana.
- SANTISTEBAN, A. (1990): «El uso de los juegos de simulación en Ciencias Naturales como técnicas de conocimiento del entorno.» *Investigación en la Escuela*, 10, 61-71.
- SCIENCE AND TECHNOLOGY IN SOCIETY (1992): *Satis* 16-19. London: A.S.E.
- SERRANO, T. y BLANCO, A. (1988): *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las Ciencias*. Madrid: Narcea. Apuntes I.E.P.S.
- SHAYER, M. y ADEY, P. (1986): *La Ciencia de enseñar Ciencias*. Madrid: Narcea.
- SELECCIONES DE SCIENTIFIC AMERICAN (1978): *Facetas de genética*. Madrid: Blume.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989): «Interacciones Ciencia, Técnica y Sociedad.» *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (1), 14-20.
- SOLBES, J. y VILCHES, A. (1992): «El modelo constructivista y las relaciones Ciencia, Técnica y Sociedad.» *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 53-58.
- SOLBES, J. (1994): «Los otros contenidos.» *Aula de Innovación Educativa*, núm. 27, 13-15.
- STEWART, J. y otros (1979): «Concept maps: a tool for use in biology teaching, *American Biology Teacher*, 41 (3), 171-175.
- VILCHES, A. (1994): «La introducción de las interacciones Ciencia, Técnica y Sociedad (CTS). Una propuesta necesaria en la enseñanza de las Ciencias.» *Aula de innovación educativa*, 27, 32.36.
- WOOLNOUGH, B. y ALLSOP, T. (1985): *Practical work in Science*. Cambridge Educational.

ALBALADEJO y otros (1989): *El cos humá. Iniciació a l'anatomía y fisiología humá*. Barcelona: Alhambra.

La forma de exponer los distintos temas de este libro es semejante a la propuesta que presentamos. Al inicio de cada tema se presenta un esquema en el que se indican los contenidos tratados, las actividades que se proponen, indicando el tipo de agrupación para realizarlas, y los recursos que se pueden utilizar.

ALONSO, M. A. y SESÉ, C. (1988): *Historia de la Tierra y de la vida*. Madrid: Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Las autoras presentan una visión general de la historia de la Tierra y de los seres vivos. El libro está ilustrado con esquemas, gráficos y fotografías.

ANGUITA, F. y MORENO, F. (1978): *Geología. Procesos internos*. Zaragoza: Luis Vives. Colección Edelvives/ Universidad/ Formación de Profesores.

En este libro se propone un aprendizaje activo de los procesos que se originan en el interior de la Tierra. Con este fin se intercalan en el texto problemas, párrafos de discusiones geológicas y ejercicios prácticos. Con el mismo texto y autores está editado por Rueda en el año 1991.

AA.VV. (1988). *Les représentations des élèves en Biologie*. Document INRAP núm. 78. Dijon: INRAP.

Después de una revisión de las investigaciones sobre las representaciones de los alumnos y de las distintas estrategias para ponerlas en evidencia realizada por André Giordan, se presentan los resultados de una investigación-acción efectuada por una grupo de profesores de liceos agrícolas sobre dos temas de Biología.

BRITISH MUSEUM (NATURAL HISTORY) (1992): *Biología humana*. Madrid: Akal.

BRITISH MUSEUM (NATURAL HISTORY) (1992): *El origen de las especies*. Madrid: Akal.

Estos libros, que sirvieron de guía para preparar las exposiciones del mismo nombre del Museo de Historia Natural de Londres, presentan los contenidos de una forma muy didáctica y adecuada para alumnos de enseñanza secundaria.

CABELLO, M. y LOPE, S. (1987): *Evolución*. Barcelona: Alhambra, colección Biblioteca de Recursos Didácticos Alhambra (BREDA).

Se presenta una experiencia didáctica realizada en un Instituto de Barcelona. A la vez, se suministra información y se proponen actividades para la enseñanza y el aprendizaje de la evolución.

CURTIS, H. y SUE BARNES, N. (1992): *Biología*. Argentina: Editorial Médica Panamericana.

Dentro de la inmensa variedad de textos que, con distintos títulos, hace referencia a contenidos de Biología, hemos elegido éste porque en él la evolución es el tema que da unidad a toda la exposición. Aunque está dirigido a alumnos de un nivel universitario elemental, consideramos que puede resultar útil a los profesores de Bachillerato como libro de consulta.

ELLENBERGER, F. (1989): *Historia de la Geología*. Volumen 1: *De la antigüedad al siglo XVII*. Madrid/Barcelona: MEC/Labor.

Interesante libro de Historia de la Geología que presenta el desarrollo de los conocimientos sobre la Tierra desde los griegos hasta el siglo XVII.

GIORDAN, A. y otros (1988): *Conceptos de Biología 1 y 2*. Madrid: Labor/MEC.

En estos libros se presenta la historia de una serie de conceptos de Biología: la respiración, la fecundación, la célula, los genes, la evolución, etc., y se pone de manifiesto cómo la enseñanza de las disciplinas científicas, al presentar los conocimientos en el estado actual y olvidar el estudio de los precedentes, prescinde de uno de los motores del movimiento científico: la duda y la crítica de las teorías.

HALLAM, A. (1985): *Grandes controversias geológicas*. Barcelona: Labor.

Mediante la presentación de cinco célebres controversias geológicas: neptunistas frente a vulcanistas y plutonistas; catastrofistas frente a uniformitaristas; la edad glacial; la edad de la Tierra y la deriva de los continentes, se reflexiona sobre distintos modelos de cambio científico y sobre el origen de la Geología como ciencia moderna.

MILLER, R. y el equipo editorial de Time-Life Books (1988): *Continentes en colisión*. Madrid: Planeta, colección Planeta Tierra.

Este libro, escrito en un lenguaje muy adecuado para alumnos de Bachillerato, presenta los contenidos en el mismo orden que el programa de vídeo «La máquina viviente» de la serie *Planeta Tierra*, por lo que pueden utilizarse conjuntamente.

NUFFIELD CO-ORDINATED SCIENCES (1992): *Biology*. Londres: Longman.

Texto que, aunque corresponde a la enseñanza de alumnos de 15-16 años, sugiere actividades de diversos tipos entre las que se encuentran profusamente las propuestas de interpretación de esquemas y gráficas, así como la búsqueda de información y los diseños experimentales para la resolución de cuestiones o problemas. Se presenta con un cuaderno de prácticas.

SCIENCE AND TECHNOLOGY IN SOCIETY (1992): *SATIS 16-19*. London: A.S.E.

Se trata de un proyecto de Ciencia-Tecnología-Sociedad para introducir este enfoque en la enseñanza de Bachillerato.

Vídeos

PLANETA TIERRA. IBM

Siete programas de unos cincuenta minutos de duración. En la programación se han citado los que, a nuestro juicio, pueden utilizarse en primero de Bachillerato. En los folletos que acompañan a los vídeos se propone una serie de actividades para realizar antes y después de la proyección de los mismos.

ENCICLOPEDIA BRITÁNICA: *El cuerpo humano*. Distribuciones Áncora Audiovisual.

Una colección de vídeos de corta duración sobre anatomía y fisiología humanas.

ENCICLOPEDIA BRITÁNICA: *Genética y mejora de las plantas. Simientes en acción*. Colección Botánica. Distribuciones Áncora Audiovisual.

BIOVÍDEO. BBC

La evidencia de la evolución.

Fotosíntesis.

Reproducción sexual de los animales.

Los videos van acompañados de guías didácticas en las que se proponen actividades adecuadas para tres niveles distintos: inicial, intermedio y avanzado.

REFERENCIA DE FIGURAS Y TABLAS CONTENIDAS EN ESTE DOCUMENTO

Figura 1, p. 249, en JIMÉNEZ, M. A. (1991): «Cambiando las ideas sobre el cambio biológico.» *Enseñanza de la Ciencias*, 9 (3), 248-256.

Figura 2, p. 98, en ALDALADEJO, C. y CAAMAÑO, A. (1992): Los trabajos prácticos.» *Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza. Curso de Actualización Científica y Didáctica*. Madrid: MEC.

Tabla II, p. 83, en REID, D. J. y HODSON, D. (1993): *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.

Tabla III, p. 111, en ALDALADEJO, C. y CAAMAÑO, A. (1992): «Los trabajos prácticos.» *Didáctica de las Ciencias de la Naturaleza. Curso de Actualización Científica y Didáctica*. Madrid: MEC.

Figura 7, p. 59, en *Pruebas de aptitud para el acceso a la Universidad. Curso 1987-1988*. MEC. Colección Documentos y materiales de trabajo.

Figura 11, p. 412, en CURTIS, H. y SUE BARNES, N. (1992): *Biología*. Argentina: Editorial Médica Panamericana.

Figura 12, p. 62, en BRITISH MUSEUM (NATURAL HISTORY) (1992): *El origen de las especies*. Madrid: Akal.

Figura 13, p. 404, en CURTIS, H. y SUE BARNES, N. (1992): *Biología*. Argentina: Editorial Médica Panamericana.

Figura 14, p. 61 en *Pruebas de aptitud para el acceso a la Universidad. Curso 1987-1988*. MEC. Colección Documentos y materiales de trabajo.

Figura 17, p. 184, en MIGUEL, C. A.; DEL CAÑIZO, A. y COSTA, A. (1991): *Ciencias Naturales BUP-3*. León: Everest.

Figura 18, p. 298 en MIGUEL, C. A.; DEL CAÑIZO, A. y COSTA, A. (1991): *Ciencias Naturales BUP-3*. León: Everest.

Textos históricos de Mendel

pp. 387 de JAHN, I.; LOTHER, R. y SENGLAUB, K. (1990): *Historia de la Biología*. Barcelona: Labor.

pp. 36 y 37 de MARCO, B. (1992): *Historia de la Ciencia*. Madrid: Narcea. MEC.

Anexo 1: Ejemplos de actividades de las pruebas escritas de evaluación

Como hemos indicado en las orientaciones sobre la evaluación, las pruebas escritas deberían contener actividades que hagan referencia a los tres componentes de la enseñanza de la ciencia. Algunos ejemplos de estas actividades se presentan a continuación.

Actividad 1

Lord Kelvin en 1816 escribió el siguiente trabajo titulado *The Doctrine of Uniformity in Geology Briefly Refuted* (Breve refutación de la *Doctrina de la Uniformidad* en Geología):

«La Doctrina de la uniformidad en la Geología, tal y como la mantiene buena parte de los más eminentes geólogos británicos, asume que la superficie y la corteza superior de la Tierra han permanecido casi en su estado actual, en lo que a temperatura y otras cualidades físicas se refiere, durante millones y millones de años. Pero el calor que, como sabemos por medio de la observación, sale anualmente de la tierra es tan grande, que si esta acción hubiera venido ocurriendo de una manera uniforme durante veinte mil millones de años, la cantidad de calor perdido por la tierra habría sido aproximadamente la necesaria para aumentar en 100° C la temperatura de una cantidad de roca superficial ordinaria de cien veces la masa de la Tierra. Esto sería más que suficiente para fundir un volumen de roca superficial de masa equivalente a toda la superficie de la Tierra. No existe hipótesis alguna con visos de probabilidad ni en lo que se refiere a acciones químicas, fluidez interior, efectos de la presión a gran temperatura, o el posible carácter de las sustancias del interior de la Tierra, que pueda justificar la suposición de que la corteza haya permanecido casi invariable, mientras que en la totalidad, o en cualquier parte de la Tierra, se ha perdido tan gran cantidad de calor.»

- ¿En qué se basaba Lord Kelvin para refutar la teoría del uniformitarismo?
- Lord Kelvin, utilizando las ideas científicas de su época, realizó un cálculo sobre la edad de la Tierra. ¿Qué edad atribuyó a la Tierra?
- ¿Por qué el descubrimiento de la radioactividad puso en entredicho los razonamientos de Lord Kelvin?
- ¿Qué edad se atribuye, actualmente, a la Tierra?

Actividad 2

El esquema representa el corte geológico de una determinada zona.

- Reconstruye la historia geológica de esta zona.
- Indica qué eras aparecen representadas, justificando la respuesta.
- ¿Se aprecian discordancias angulares? ¿Dónde?
- ¿En qué tipo de cuenca sedimentaria (marina o continental) se depositó el CaCO_3 que dio lugar a las calizas 1. ¿Cómo podemos saberlo?

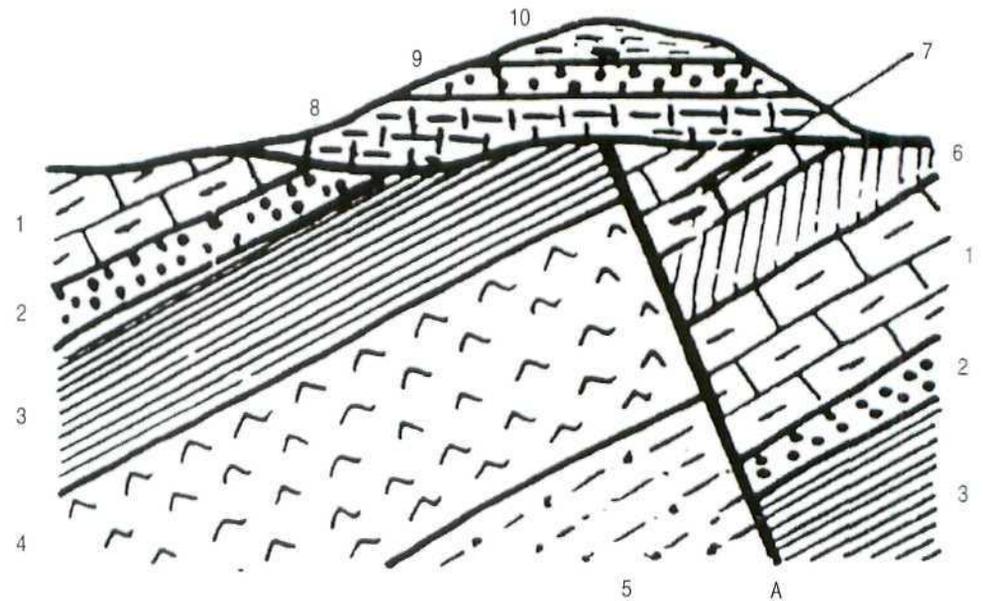


Figura 14. Corte geológico (Pruebas de aptitud para el acceso a la Universidad. Curso 1987-1988. MEC. Colección Documentos y materiales de trabajo).

Actividad 3

En Gran Canaria se han obtenido los siguientes datos de la temperatura del interior de la corteza, tomados cada 50 metros:

Profundidad (metros)	Temperatura (0° C)
0	21,7
50	23,6
100	25,0
150	26,8
200	28,6
250	30,1
300	31,6
350	33,2
400	35,0
450	36,8

- Interpreta estos datos ¿Qué conclusiones obtienes?

Actividad 4

La siguiente gráfica corresponde a la velocidad de propagación de las ondas sísmicas en un planeta imaginario.

- ¿Presenta ese planeta una tructura homogénea? Razónalo.
- Localiza las discontinuidades.
- ¿Cuántas capas se pueden deducir del gráfico? Sitúalas e indica sus características.

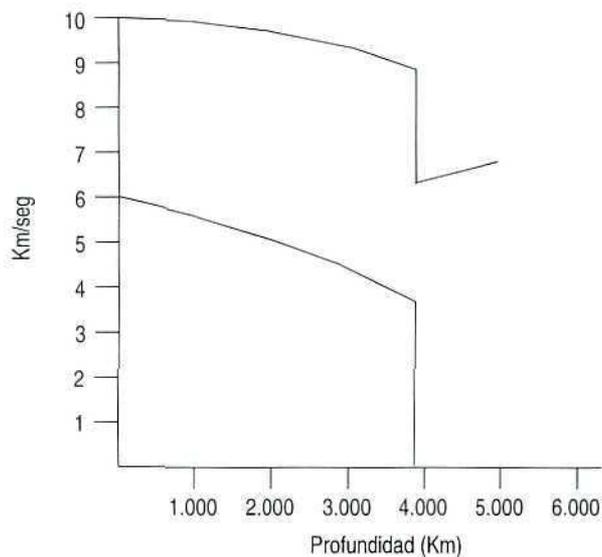


Figura 15. Propagación de las ondas sísmicas en un planeta imaginario.

Actividad 5

La teoría de la deriva continental de Wegener y la teoría de la tectónica de placas explican de diferente manera algunos temas. Indica cómo explica cada una de las dos teorías anteriores los siguientes problemas:

- ¿Qué zonas son las que se desplazan?
- ¿Sobre qué se desplazan?
- ¿Cuáles son las causas del desplazamiento?

Actividad 6

En 1912, Wegener presentó su hipótesis sobre la deriva continental.

a) ¿Cuál era la hipótesis de Wegener?

Una de las pruebas para apoyar su hipótesis era el buen acoplamiento de las zonas orogénicas (montañosas) de los continentes separados a ambos lados del Atlántico. Wegener expresó su argumento con las siguientes palabras:

«Es lo mismo que si tuviéramos que volver a colocar los trozos de un impreso roto, encajando sus bordes y comprobando después si las líneas impresas se continúan bien. Si ocurre así, no hay más que concluir diciendo que las piezas realmente estuvieron unidas de esa forma.»

b) ¿Qué otras pruebas presentó Wegener para apoyar su teoría?

c) ¿Por qué la hipótesis de la deriva continental no fue aceptada hasta medio siglo después?

Actividad 7

El día 17 de enero de 1995 un terremoto de intensidad 7,5 en la escala de Richter sacudió la ciudad de Kobe en Japón. Explica, basándote en la teoría de la tectónica de placas, por qué Japón es afectado frecuentemente por movimientos sísmicos.

Debes hacer referencia en tu respuesta, al origen del archipiélago del Japón, al movimiento de las placas tectónicas y a las causas del movimiento de dichas placas. Puedes acompañar tu exposición de un esquema explicativo.

Actividad 8

La figura representa la estructura microscópica de un corte de testículo (T_1 , T_2 y T_3 son estructuras semejantes aunque sólo se ha dibujado con detalle una de ellas).

a) Haz un breve comentario de dicha figura.

b) ¿Qué representan los elementos A, B, C, D?

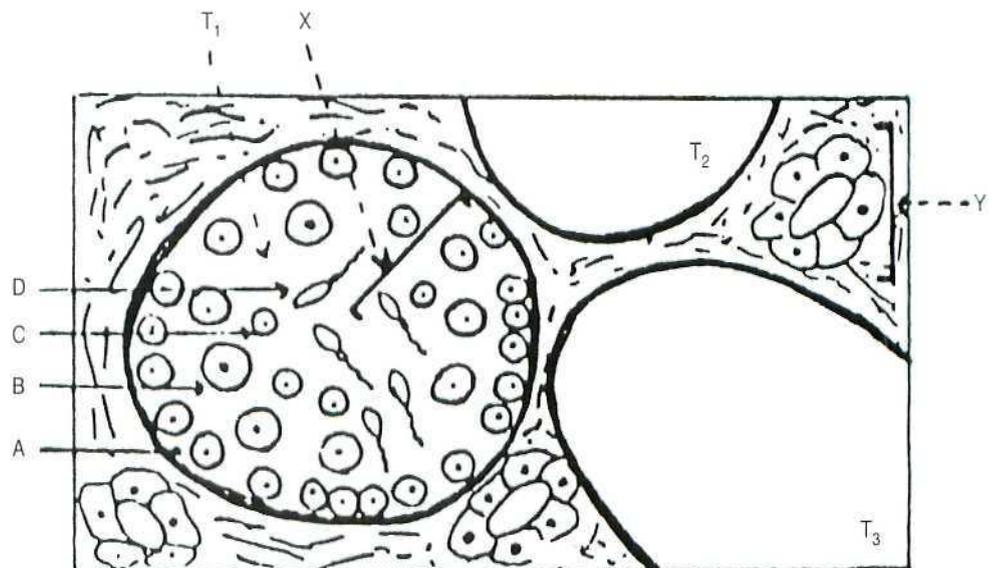


Figura 16. Estructura microscópica de un corte de testículo.

- c) Si se somete el testículo a la acción de los rayos X, en determinadas condiciones, se puede destruir la zona X dejando intacta la zona Y (fíjate en la figura). Como consecuencia de ello el animal queda estéril pero mantiene su comportamiento sexual y sus caracteres sexuales secundarios.

Interpreta esta experiencia.

- d) Si al animal se le estirpa la hipófisis, queda también estéril y presenta, además, una regresión de los caracteres secundarios y una desaparición del comportamiento sexual.

Interpreta esta experiencia.

Actividad 9

En el *Weekly World News* (diario «sensacionalista» de Estados Unidos) apareció la siguiente noticia bajo el titular «Hermano siamés embaraza a su hermana». La noticia explicaba el triste relato de una pareja de hermano y hermana unidos físicamente, de una remota aldea india. Sabían que su acto era inmoral, pero después de años de esperar en vano parejas ordinarias, y sumidos en la soledad y la frustración, sucumbieron finalmente a una tentación siempre presente.

Basándote en tus conocimientos de Biología, comenta la veracidad de dicha noticia.

Actividad 10

La reproducción asexual produce descendientes idénticos a su progenitor, mientras que la reproducción sexual produce variación. Comenta y explica esta aseveración.

Actividad 11

Existen algunas plantas en la naturaleza cuyas flores muestran una forma y un colorido que recuerdan, intensamente, la forma y el color de las hembras de algunas especies de insectos (abejas, avispas). Son justamente los machos de estas especies de insectos los encargados de efectuar la polinización de dichas plantas.

Da una explicación a este fenómeno.

Actividad 12

Muchos animales que viven en zonas a las que no llega la luz, carecen de ojos, o los tienen muy poco desarrollados (por ejemplo, los peces que viven en grutas oscuras o los topos que viven bajo tierra).

Explica este hecho, desde un punto de vista lamarckista y desde un punto de vista darwinista.

Actividad 13

Claude Bernard realizó investigaciones sobre el envenenamiento con monóxido de carbono (CO). Mezcló en un recipiente, fuera del contacto del aire, CO con sangre arterial de un animal sano. Después de un cierto tiempo, analizó el gas de dicho recipiente y constató que este gas se había enriquecido de oxígeno, mientras que la proporción de CO había bajado. Es decir, el CO había desplazado al oxígeno de la sangre.

Basándote en este experimento y en tus conocimientos sobre el transporte de gases por la sangre, ¿podrías indicar las causas del envenenamiento con CO?

Actividad 14

En este esquema están representados los aparatos y sistemas implicados en la nutrición de los animales pluricelulares. ¿Podrías indicar qué procesos intervienen y por qué son necesarios para la nutrición de los animales?

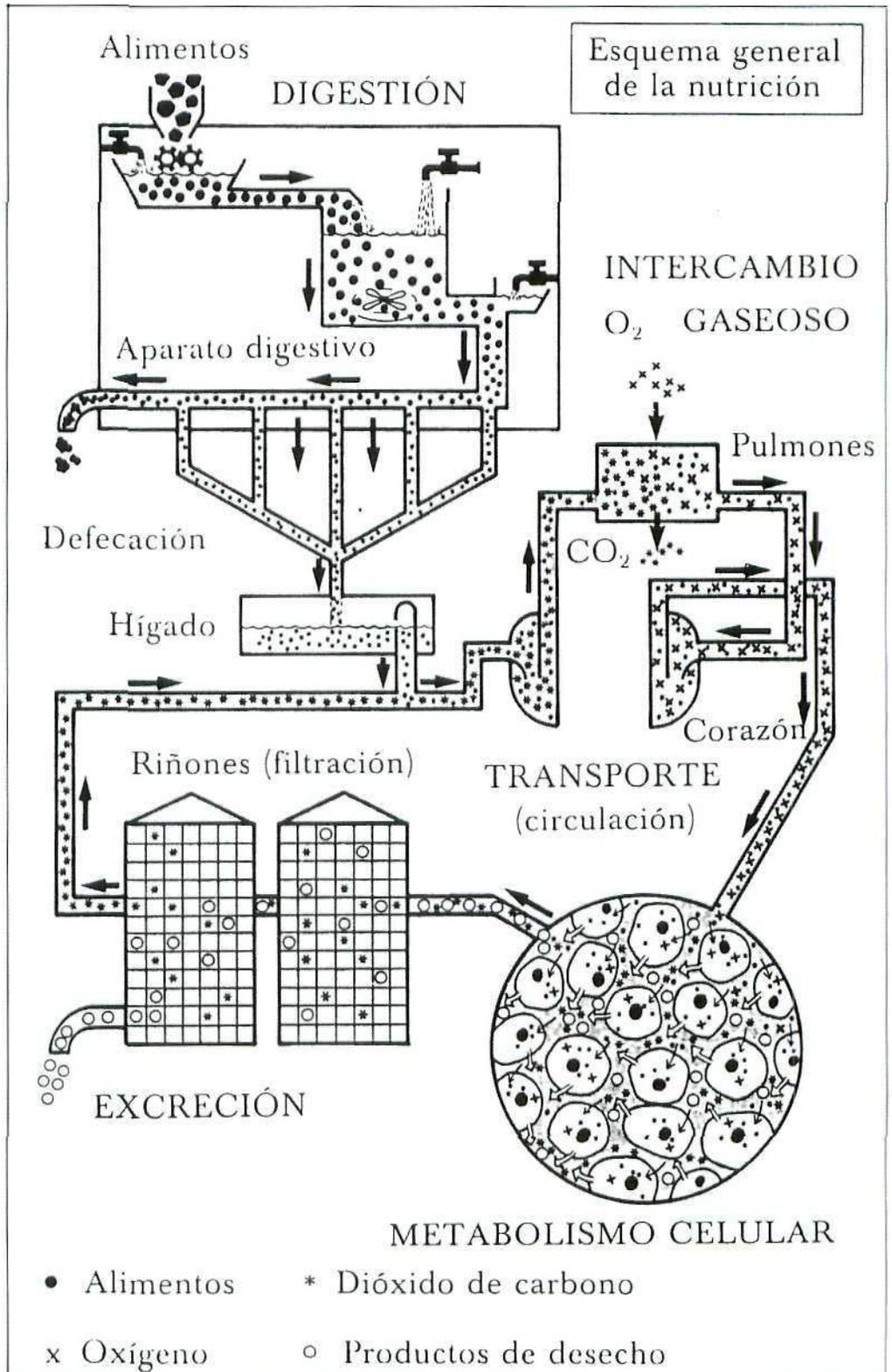


Figura 17. Esquema general de la nutrición (MIGUEL, DEL CAÑIZO y COSTA, 1991. Ciencias Naturales BUP-3º. León: Everest.)

Actividad 15

En el siglo XVIII, el científico inglés Joseph Priestley llevó a cabo algunos experimentos para investigar la naturaleza del aire.

«Me es grato decir que yo he averiguado, accidentalmente, un método para renovar el aire que se ha viciado al arder una vela, y que he descubierto, por lo menos, uno de los métodos que la naturaleza emplea para este fin. Éste es la vegetación (...)

El día 17 de agosto de 1771, coloqué un brote de menta en cierta cantidad de aire en el que había quemado una vela de cera, y encontré que el día 27 del mismo mes otra vela quemó en él perfectamente. He repetido este experimento sin la menor variación no menos de ocho o diez veces en el resto del verano. Dividí varias veces la cantidad de aire en el que había quemado la vela en dos partes y colocando la planta en una de ellas, y dejando la otra tal como estaba, pero sin planta; y nunca dejé de encontrar que una vela podía quemar en el primero, pero no en el último.»

«... Cuando esta ramita de menta llevaba algunos meses creciendo en el recipiente cerrado, el aire no apagaba la vela ni producía daño alguno a un ratón que puse dentro.»

Explica los resultados obtenidos por Priestley.

Actividad 16

¿Cómo regula el organismo el contenido en agua? Explica por qué tienes sed.

Actividad 17

El esquema resume los fenómenos que ocurren en el útero y ovario durante el ciclo sexual femenino. También se representan en él los niveles de hormonas que controlan estos procesos.

- ¿Dónde se sintetizan las hormonas? ¿Cómo se controla su síntesis? ¿Qué funciones realiza cada una de ellas?
- ¿Podrías indicar cómo actúa la «píldora» anticonceptiva?

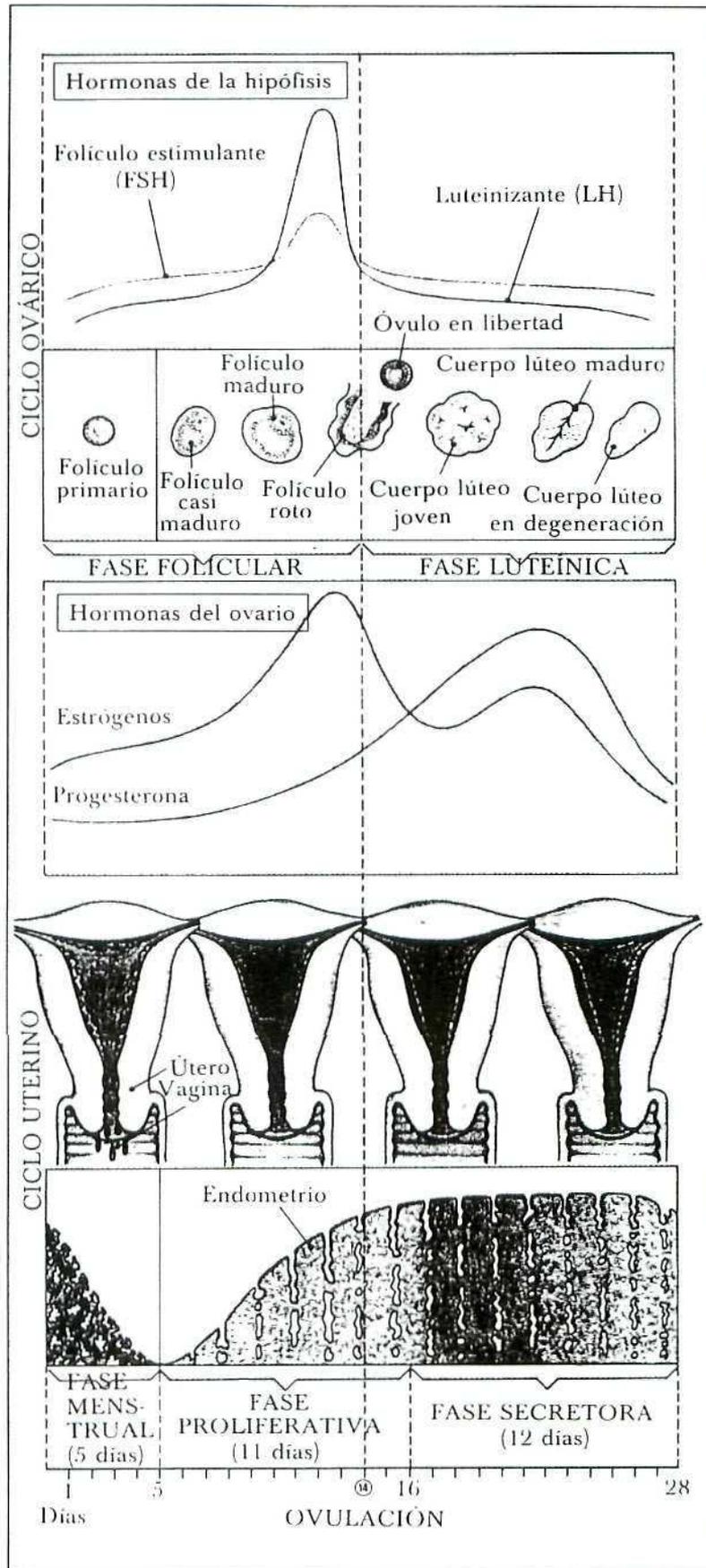


Figura 18. Ciclo sexual femenino (MIGUEL, DEL CAÑIZO y COSTA 1991. Ciencias Naturales BUP-3º. León: Everest).

Actividad 18

Si a una rana espinal (rana desprovista de encéfalo) se la pincha en el tendón de Aquiles del músculo gastrocnémico (uno de los músculos de la pata), contrae inmediatamente este músculo que está inervado por el nervio ciático. La figura muestra la situación de los elementos anatómicos implicados en esta actividad.

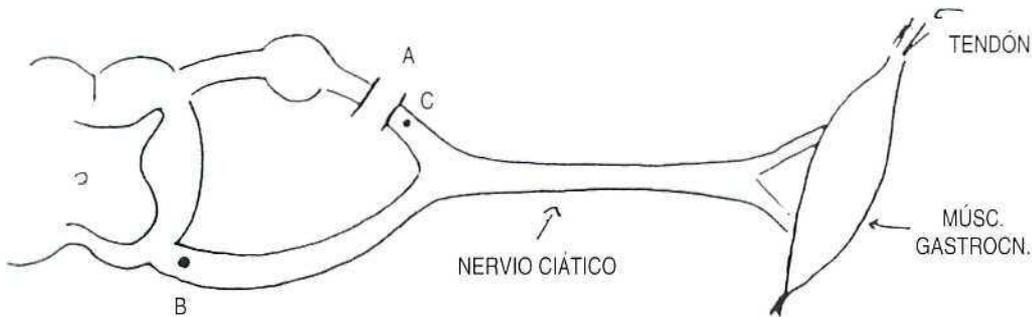


Figura 19 . Esquema mostrando la relación entre el tendón de Aquiles, el músculo gastrocnémico, el nervio ciático y la médula espinal.

Si se realiza una sección en A, el pinchazo en el tendón de Aquiles no va seguido de contracción del músculo. Por el contrario, si después de realizar la sección en A, se aplica una excitación eléctrica en B, se produce una contracción. Si la excitación eléctrica se aplica en C, no se tiene respuesta.

¿Qué conclusiones sacas del sentido de la conducción nerviosa y de la función de las diferentes partes del esquema?

Pon nombres en el esquema y complétalo representando la cadena de neuronas que han intervenido en la actividad considerada (en este caso, sólo intervienen dos neuronas).

Anexo 2: Currículo oficial (*)

Introducción

Las ciencias de la naturaleza, desde su nacimiento, han buscado la comprensión del mundo de la experiencia en todos sus aspectos. Han tratado de hallar orden y significado en la gran cantidad de fenómenos que se presentan a la observación humana como un caos, coordinando y organizando nuestras experiencias en un sistema coherente. Desarrolladas como ciencias experimentales, la Biología y la Geología responden a estos mismos propósitos.

Biología y Geología, igual que Física y Química, estaban incluidas en la Educación Secundaria Obligatoria, dentro de un área interdisciplinar, la de Ciencias de la Naturaleza. Son materias que comparten algunas características comunes, relativas a su espacio epistemológico, a sus métodos, a algunos de sus contenidos, a su valor funcional y educativo en el bachillerato y a las conexiones con estudios superiores. Todas ellas han conocido importantes cambios en nuestro tiempo; y en todas ellas, al lado de adquisiciones científicas de otras épocas, que se configuraron en las teorías «clásicas» de las respectivas disciplinas, se han producido, en los últimos años o decenios, progresos científicos revolucionarios, que, a menudo, sin alterar los principios de la «ciencia clásica», han modificado nuestra visión del mundo, sobre todo, en una percepción más clara de la complejidad de los fenómenos de la naturaleza.

Esta materia de la modalidad de Ciencias de la Naturaleza y de la Salud refleja, todavía a nivel general, algunos de los conocimientos de la Biología y Geología actuales, conocimientos que reúnen la triple característica de ser básicos, de corresponderse con el estado actual de esas ciencias y de poseer gran poder explicativo.

Los contenidos están repartidos entre las dos ciencias que se reúnen en esta asignatura. En lo que concierne a la Biología, los contenidos conceptuales seleccionados se refieren a los seres vivos y a los procesos de la vida, cuyo estudio aparece con el origen de la Biología como ciencia autónoma a principios del siglo XIX. Se recogen también los hitos más importantes de la Biología, a través de los cuales ha llegado a constituir su cuerpo de conocimientos como ciencia. Es una Biología de los organismos. En cambio, no se abordan con detalle las explicaciones físico-químicas de los procesos vitales, no se entra en el nivel celular y subcelular.

Los contenidos de Geología hacen referencia a la estructura y dinámica de la Tierra. En este curso se pretende realizar una aproximación al conocimiento de la posición, parámetros físicos y constitución de la Tierra, y a las causas y mecanismos de su actividad interna. Se recogen las hipótesis y teorías que explican muchas de las preguntas más inmediatas e importantes sobre nuestro planeta, su

(*) Real Decreto 1179/1992, de 2 de octubre, por el que se establece el currículo de Bachillerato («BOE» n.º 253 de 21 de octubre de 1992).

composición y su origen. La respuesta a ellas sirve de introducción para avanzar posteriormente en el estudio de la dinámica superficial, analizándose desde las hipótesis sobre el origen de la Tierra hasta el paradigma básico de las ciencias geológicas: la tectónica global.

El papel formativo de la asignatura consiste en la ampliación y profundización de los conocimientos biológicos y geológicos de la etapa anterior, lo que permitirá abordar nuevos niveles de organización de los seres vivos y dará una nueva imagen de la Tierra como planeta activo. Consiste también en la puesta en práctica de destrezas y procedimientos científicos que muestren estas ciencias como proceso de construcción de conocimientos y en continua interacción con la tecnología y con otras actividades humanas y sociales. Para el alumno de bachillerato estas ciencias han de aparecer en su carácter empírico y predominantemente experimental, a la vez que en su construcción teórica y de modelos. Han de favorecer asimismo la familiarización con las características de la investigación científica y de su aplicación a la resolución de problemas concretos.

En la mayoría de las materias relacionadas con las ciencias de la naturaleza, los dos primeros núcleos de contenidos recogen contenidos comunes a todos los demás. Presentan principalmente contenidos procedimentales y actitudinales, que se refieren a una primera aproximación formal al trabajo científico y a la naturaleza de la ciencia, en sí misma y en sus relaciones con la sociedad y con la tecnología.

Objetivos generales

El desarrollo de esta materia ha de contribuir a que las alumnas y alumnos adquieran las siguientes capacidades:

1. Comprender los conceptos, leyes, teorías y modelos más importantes y generales de la Biología y la Geología, que les permitan tener una visión global y una formación científica básica y desarrollar estudios posteriores más específicos.
2. Aplicar los conceptos, leyes, teorías y modelos aprendidos a situaciones reales y cotidianas.
3. Analizar críticamente hipótesis y teorías contrapuestas que permitan desarrollar el pensamiento crítico y valorar sus aportaciones al desarrollo de la Biología y la Geología.
4. Utilizar con cierta autonomía destrezas investigativas, tanto documentales como experimentales (plantear problemas, formular y contrastar hipótesis, realizar experiencias, etc.), reconociendo el carácter de la ciencia como proceso cambiante y dinámico.
5. Desarrollar actitudes que suelen asociarse al trabajo científico tales como la búsqueda de información exhaustiva, la capacidad crítica, la necesidad de verificación de los hechos, el cuestionamiento de lo obvio y la apertura ante nuevas ideas.
6. Integrar la dimensión social y tecnológica de la Biología y la Geología, interesándose por las realizaciones científicas y tecnológicas y comprendiendo los problemas que su evolución plantea a la naturaleza, al ser humano, a la sociedad y a la comunidad internacional.
7. Comprender el sentido de las teorías y modelos biológicos y geológicos como una explicación de los fenómenos naturales, valorando su aportación al desarrollo de estas disciplinas.
8. Explicar expresiones «científicas» del lenguaje cotidiano según los conocimientos biológicos y geológicos adquiridos, relacionando la experiencia diaria con la científica.

Contenidos

Aproximación al trabajo científico

- Procedimientos y actitudes que constituyen la base del trabajo científico: planteamiento de problemas, formulación y contrastación de hipótesis, diseño y desarrollo de experimentos, interpretación de resultados, comunicación científica, utilización de fuentes de información.
- Importancia de las teorías y modelos dentro de los cuales se lleva a cabo la investigación.
- Actitudes en el trabajo científico: cuestionamiento de lo obvio, necesidad de comprobación, de rigor y de precisión, apertura ante nuevas ideas.
- Hábitos de trabajo e indagación intelectual.

Ciencia, tecnología y sociedad

- Análisis de la naturaleza de la ciencia: sus logros y limitaciones, su carácter tentativo y de continua búsqueda, su evolución, la interpretación de la realidad a través de modelos.
- Relaciones de la ciencia con la tecnología y las implicaciones de ambas en la sociedad: consecuencias en las condiciones de la vida humana y en el medio ambiente. Valoración crítica.
- Influencias mutuas entre la sociedad, la ciencia y la tecnología. Valoración crítica.

Origen y evolución de la tierra

- Origen del sistema solar. Características geológicas de algunos cuerpos planetarios.
- Origen y evolución de la Tierra. Diferenciación en capas.
- Hipótesis sobre la estructura y la naturaleza físico-química del interior de la Tierra. Diferentes métodos de estudio e interpretación de los datos.

Dinámica y evolución de la litosfera

- Concepto de litosfera. Placas litosféricas: movimientos relativos y límites de las placas.
- Teorías sobre la dinámica litosférica. Teoría de la tectónica global.
- Manifestaciones de la dinámica litosférica: deformaciones, metamorfismo y magmatismo. Ciclo del relieve y tectónica global.

Origen y evolución de los seres vivos

- Distintas concepciones sobre el origen de la vida. Explicaciones científicas actuales.
- Las teorías preevolucionistas y evolucionistas. Algunas características de la polémica y la influencia de factores extracientíficos.
- La teoría de la evolución. Teorías evolutivas actuales.
- El problema de las relaciones filogenéticas. Algunos ejemplos de estas relaciones en animales y vegetales.
- Fases fundamentales en la evolución de los homínidos.

El mantenimiento de la vida

- Seres unicelulares y pluricelulares. La diferenciación celular. Los seres vivos como sistemas que intercambian materia y energía con el medio. Concepto de homeostasis como equilibrio dinámico.
- Funciones de los seres vivos. Algunas relaciones entre la presencia de determinadas estructuras y las funciones. Diferentes estrategias de adaptación al medio.
- Los seres vivos y la energía. Los alimentos, combustible para las células: respiración y fermentación. La síntesis de materia orgánica: la fotosíntesis.
- El procesamiento de los alimentos en animales: ingestión, digestión y absorción de nutrientes. Algunos modelos de aparato digestivo en animales.
- El intercambio de gases: transporte de oxígeno y anhídrido carbónico. Algunos modelos en animales. El intercambio de gases en vegetales.
- El transporte de nutrientes en animales. Diferentes líquidos de transporte. Algunos modelos en animales. La necesidad de existencia de corazón. El transporte en vegetales.
- La excreción. Eliminación de desechos y regulación osmótica del medio interno. Algunos modelos de aparatos excretores en animales. La excreción en vegetales.
- Regulación y control de los procesos fisiológicos en animales: coordinación nerviosa y endocrina. Algunos modelos de sistema nervioso en animales. Las hormonas en los vegetales.
- El uso de las hormonas en el crecimiento y engorde de los animales. Importancia del fotoperíodo y la actuación de las hormonas en la hortofruticultura.

La perpetuación de la vida

- El ciclo vital de los seres vivos. El proceso de la reproducción. Reproducción sexual y asexual. Diferencias, ventajas e inconvenientes. Reproducción sexual: la formación de gametos. Modelos de ciclos reproductores en vegetales.
- Intervención humana en la reproducción: repercusiones sociales y económicas e implicaciones éticas.

La herencia: un enfoque mendeliano

- Leyes naturales que explican la transmisión de caracteres hereditarios. Aportaciones de Mendel al estudio de la herencia.
- Teoría cromosómica de la herencia.
- Herencia del sexo en el ser humano. Herencia ligada al sexo.
- Algunas aplicaciones de la genética en la sociedad actual, en la mejora de especies, en el tratamiento de enfermedades.

Criterios de evaluación

1. Aplicar las principales teorías sobre el origen y evolución de la Tierra para explicar las características geológicas de la misma.

Se trata de comprobar que los alumnos y alumnas no sólo conocen las principales teorías actuales sobre el origen de la Tierra, sino que las utilizan para interpretar datos sobre características geológicas de la Tierra.

2. Aplicar las estrategias propias del trabajo científico para la resolución de problemas relativos a la estructura y composición de la Tierra.

Se trata de comprobar que en la resolución de problemas relativos a la estructura y composición de la Tierra, el alumnado, a partir de datos de diferente naturaleza, como los cambios de velocidad de las ondas sísmicas o de la densidad de los materiales, es capaz de plantear el estudio cualitativo de la situación, de emitir hipótesis, de analizar los resultados, etc.

3. Aplicar la teoría de la tectónica global a diversas situaciones, siendo conscientes de su valor como teoría de síntesis de amplio poder explicativo, aunque conociendo sus limitaciones y su campo de aplicación.

Los alumnos y alumnas deben conocer las ideas principales de la teoría de la tectónica global para poder aplicarlas a la interpretación de algunos aspectos actuales de la Tierra. Analizando las características de las placas litosféricas, sus bordes y movimientos, deberán explicar la presencia de volcanes, expansión de océanos, formación de cordilleras, etc. Deben ser conscientes, además, de que existen fenómenos que esta teoría no es capaz de explicar.

4. Comparar las diferentes teorías sobre el origen de la vida, aportando datos sobre las consideraciones que se tienen actualmente del problema.

El alumnado deberá conocer cuáles son las diferencias básicas entre las diferentes teorías, y también algunas experiencias y reflexiones actuales que sobre el origen de la vida se barajan por la comunidad científica.

5. Aplicar los mecanismos de transmisión de los caracteres hereditarios, según las hipótesis mendelianas y la teoría cromosómica de la herencia, a la interpretación y resolución de problemas relacionados con la herencia.

Se trata de comprobar que el alumnado conoce las razones de los fenómenos hereditarios y su explicación científica. Además, deben conocer el interés histórico de las aportaciones mendelianas y la teoría cromosómica de la herencia, que permite una interpretación a nivel subcelular, y deben poder aplicar estos conocimientos a ejemplos concretos de herencia humana, de animales y plantas.

6. Indicar las ventajas que aporta la reproducción sexual sobre la asexual, determinando algunas aplicaciones prácticas derivadas del conocimiento del proceso reproductor en los seres vivos.

Se trata de comprobar que el alumnado entiende la ventaja que supone para la supervivencia la aportación genética de ambos gametos y es capaz de conocer algunas aplicaciones prácticas, que se derivan del conocimiento de la reproducción, en medicina, como es la fertilización *in vitro* o la fertilización asistida, y en agricultura como la clonación de las plantas.

7. Explicar los mecanismos básicos que inciden en el proceso de la ingestión y digestión de alimentos, en su asimilación, distribución y producción de desechos, relacionando dichos procesos con la presencia de determinadas estructuras que los hacen posibles.

Se trata de saber si entienden los mecanismos básicos del proceso de nutrición, como la digestión mecánica y química, el fenómeno de absorción de los alimentos, su distribución y el mecanismo de extracción de los productos de desecho y su posterior eliminación. Además, deben ser capaces de relacionar los diferentes procesos que ocurren en la nutrición con la

existencia en los organismos de estructuras adecuadas, como sistemas de masticación, presencia de glándulas, longitud de los tubos, existencia de líquidos especializados, de corazón o de unidades filtradoras.

8. Explicar el mantenimiento de las constantes vitales de los organismos a partir de la comprensión del proceso de coordinación neuroendocrina, indicando asimismo algunas aplicaciones derivadas del conocimiento de las hormonas.

Los alumnos y alumnas deben conocer la relación existente entre el sistema nervioso y el endocrino, siendo capaces de explicar cómo se desencadena su acción ante la aparición de estímulos recogidos por receptores externos e internos, para mantener algunas constantes vitales como los niveles de glucosa o de agua. Asimismo, deben conocer algunas aplicaciones prácticas de las hormonas en la mejora de las especies o en el control de la reproducción.

9. Explicar el carácter provisional de las explicaciones científicas a partir del análisis de las distintas concepciones que han existido sobre los problemas del origen de la vida y de la Tierra, indicando el peso de las razones extracientíficas en el mantenimiento de algunas de estas concepciones.

Se trata de comprobar que los alumnos ante las distintas explicaciones que se dan a un problema científico son capaces de comprender el carácter provisional de cada una de ellas, siendo conscientes de que ninguna explicación se puede considerar definitiva, sino que está sometida a revisiones continuas. También deben comprender que el mantenimiento de una determinada concepción depende en parte de condicionamientos sociales y políticos del momento.

10. Diseñar y realizar pequeñas investigaciones sobre las funciones de los seres vivos, contemplando algunos procedimientos del trabajo científico: planteamiento preciso del problema, formulación de hipótesis contrastables, diseño y realización de experiencias, y análisis y comunicación de resultados.

Se trata de comprobar que el alumnado es capaz de llevar a cabo algunos de los procedimientos propios del trabajo científico, desde el planteamiento del problema hasta la comunicación de resultados, para el estudio de las funciones de los seres vivos.

11. Contrastar diferentes fuentes de información y elaborar informes en relación a problemas biológicos y geológicos relevantes en la sociedad.

Se pretende saber si las alumnas y alumnos son capaces de buscar bibliografía, adecuada a su preparación, referente a temas de actualidad, tales como la conservación de las especies o la intervención humana en la reproducción, y de estructurar el trabajo de manera adecuada.



CENTRO DE DESARROLLO CURRICULAR