

# EL CICLO DE LAS ROCAS. ALTERACIÓN BIOLÓGICA A NIVEL SUPERFICIAL.

---

*Trabajo Fin de Máster en Profesor de  
Educación Secundaria Obligatoria,  
Bachillerato, Formación Profesional y  
Enseñanza de Idiomas.*

*Alumna: Miriam de Castro Pérez.*

*Tutor: Dr. Fernando Rull Pérez.*

---



Universidad de Valladolid



## ÍNDICE

	<b>Págs.</b>
1. Introducción .....	1
2. Diseño .....	4
3. Justificación .....	4
I. Relación con el Currículo .....	6
II. Antecedentes históricos .....	8
III. Fundamentación teórica .....	11
1. El Ciclo de las rocas .....	12
1.1. Formación de las rocas magmáticas .....	13
A. Factores que condicionan la formación de las rocas magmáticas .....	14
B. Evolución del magma .....	15
C. Fases de consolidación del magma .....	15
D. Clasificación .....	16
1.2. Formación de las rocas metamórficas .....	17
A. Procesos metamórficos .....	17
B. Tipos de metamorfismos .....	18
C. Tipos de metamorfismo .....	19
D. Clasificación .....	20
1.3. Formación de las rocas sedimentarias .....	20
2. Alteración biológica a nivel superficial .....	22
A. Meteorización biológica .....	22
B. Ambientes ácidos. Biomineralización .....	24
B.1. Algunas aplicaciones .....	28
4. Contexto .....	34
I. Marco legislativo .....	34
II. Didáctica de las Ciencias .....	35
1. Pasado .....	35
2. Presente: de contenidos a competencias .....	44
2.1. Principales problemas .....	48
3. Futuro .....	51
III. Didáctica de la Geología .....	51

5. Conclusiones .....	52
6. Bibliografía .....	55
7. Anexos .....	57

## **RESUMEN.**

En la actualidad, el objetivo de la Didáctica de las Ciencias en Secundaria y Bachillerato es el conseguir que sus alumnos adquieran una competencia científica, para lo cual, ha de acercarlos a su entorno. El trabajo que nos ocupa trata del Ciclo de las rocas, centrándose en las alteraciones que sufren las mismas al ascender a la superficie, ya que dicha superficie compone el entorno natural más inmediato del alumnado. Entre las distintas alteraciones que suceden tras ese ascenso se comentan algunos casos en los que intervienen los seres vivos.

Además, se pretende favorecer la relación Ciencia-Tecnología-Sociedad gracias al acercamiento del alumnado a los métodos tecnológicos que se utilizan hoy en día para el análisis de las muestras minerales, conociéndose algunas de sus utilidades en la Sociedad.

## ***ABSTRACT***

Nowadays, the objective for the teaching of Sciences in secondary and high schools is to get students to acquire a scientific skill, for which they have to be approached to their environment. The main aim of this work is the description of the cycle of rocks, and we are going to focus on the alterations that they suffer when they ascend to the surface, because this surface is the most immediate natural surroundings of the students. Between the various alterations occurring after this ascent we also discuss some cases in which the processes are mediated by biology.

In addition, it is foreseen in this work to introduce some insights in the relationship science-technology - society approaching the students to the some of the most advanced technological methods used today for the analysis of mineral samples, knowing some of their profits in the society.

## **1. INTRODUCCIÓN.**

La Ciencia constituye un cuerpo de doctrinas y disciplinas que permiten conocer el mundo y sus procesos. Su base se encuentra en la asunción de que las causas que

originan los procesos naturales son físicas y que, por lo tanto, pueden investigarse y descubrirse.

La Geología, junto con la Física, la Química y la Biología, forma parte de las Ciencias de la naturaleza. Sin embargo, el desarrollo del conocimiento geológico no ha ocurrido de forma paralela al resto estas Ciencias naturales. De hecho, ha sido la última en alcanzar su madurez, debido a que a lo largo de su evolución tuvo que hacer frente a ideas sociales muy sólidas, que estaban fundamentadas en hechos no científicos. La considerada como última revolución científica entre las Ciencias que estudian la Tierra fue el resultado entre la lucha que fijistas y movelistas mantuvieron durante casi cincuenta años hasta la formulación de la Teoría de la Tectónica de Placas, dada su visión unificadora capaz de explicar y predecir la mayor parte de las estructuras y fenómenos terrestres.

En los últimos años este conocimiento se ha extendido a aspectos más generales como la Geología planetaria comparada, intentando entender si los procesos geológicos son comunes a los planetas rocosos del sistema solar y también a otros aspectos particulares como los efectos de los eventos de impacto, cuyo papel en la evolución del planeta era desconocida hasta muy recientemente y apenas figura en los libros de texto de hace más de 20 años.

La Geología se encarga de leer e interpretar la información que se encuentra “escrita” en el registro geológico. Para conseguirlo se ha de superar gran número de adversidades, como la inaccesibilidad a la mayoría de las rocas, a causa de muchas de ellas están sepultadas en el interior de la Tierra. Muchas de estas dificultades han sido superadas gracias al ingenio del ser humano y, aunque queda mucho por descubrir, los conocimientos actuales deberían de ser suficientes para cambiar nuestra percepción de la vida y del planeta.

La Tierra ha estado sometida a constantes y lentos cambios a lo largo de su historia, a causa de su dinamismo. Prueba de ello es su relieve, compuesto por largos orógenos continentales y elevadas dorsales que emergen de profundas cuencas oceánicas, ambos con una importante actividad magmática. A partir del estudio de los

procesos geológicos que se producen en nuestro planeta podemos acercarnos a lo que ocurrió en él durante épocas pasadas y predecir lo que ocurrirá en épocas futuras. Estos procesos son cíclicos, dando lugar al llamado ciclo geológico. Este ciclo es el responsable de la formación del relieve terrestre y, por lo tanto, de su aspecto. Además, dicho ciclo alberga o se compone de numerosos ciclos, como pueden ser los ciclos biogeoquímicos o el ciclo de las rocas, causante de la formación de los materiales mineralógicos que constituyen nuestro medio.

Cuando esas rocas y minerales, originados a lo largo del ciclo, ascienden a la superficie no se mantienen inalterados, sino que sufren distintas modificaciones causadas por los denominados agentes geológicos, entre los que se encuentran los seres vivos. Debido a esa alteración, los seres vivos pueden intervenir en ciertos procesos, como es el llamado “mal de la piedra” o pueden, incluso, influir de modo significativo en la formación de nuevos minerales. Esto conduce a la posibilidad de intervenir en dichos procesos con el fin de llevar a cabo medidas de recuperación medioambiental o diversos proyectos de investigación científica, en los que, gracias al desarrollo tecnológico, se realizan estudios ambiciosos, como es la búsqueda de pruebas que demuestre la existencia de vida en otros planetas.

El conocimiento de nuestro planeta es imprescindible para entender la magnitud de otros fenómenos naturales, ya que por ejemplo, sería imposible comprender el origen y evolución de los seres vivos sin tener conocimiento sobre la evolución del medio físico donde se originaron. Debido a esta necesidad por saber y comprender lo que ocurre en el ambiente que nos rodea nace la Didáctica de las Ciencias.

En lo referente a la Didáctica de las Ciencias existen diversos problemas comentados en el presente trabajo, uno de dichos problemas es la falta de conexión entre los contenidos curriculares, la Tecnología y la Sociedad, lo que provoca, entre otras cosas, la falta de interés por parte del alumnado y su desactualización en cuanto a los contenidos aprendidos. Debido a ello, en este trabajo se añaden diversos contenidos que bien podrían contemplarse como una buena opción para solucionar el problema citado en cuanto al tema elegido en este trabajo.

## **2. DISEÑO.**

En primer lugar se realizó una consulta a la Normativa vigente con el fin de crear los apartados en los que se distribuye el trabajo, añadiendo al esquema diferentes subapartados que permitiesen completarlo.

A continuación se planificó y se realizó una búsqueda bibliográfica de los diferentes apartados, utilizando diversas Bases de Datos y buscadores, distintos libros y apuntes recopilados a lo largo del Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas. Ante todo se priorizaron los artículos de investigación didáctica.

Tras la realización de la búsqueda bibliográfica se elaboró una selección de los contenidos encontrados, obteniendo la teoría que compone los distintos apartados del trabajo.

Por último, se añadieron anexos para complementar la información expuesta. Entre los anexos se incluyó una serie de actividades que se desarrollarían en el aula con el fin de lograr el objetivo principal de este trabajo, favorecer la capacitación científica de los jóvenes con respecto al tema que se trata, mediante el desarrollo de la relación Ciencia-Tecnología-Sociedad.

## **3. JUSTIFICACIÓN.**

En la sociedad actual, la Ciencia es un instrumento indispensable para comprender el mundo que nos rodea y sus transformaciones, así como para desarrollar actitudes responsables sobre aspectos relacionados con la vida, la salud, los recursos y el medio ambiente. Por ello los conocimientos científicos se integran en un saber humanístico, que debe formar parte de la cultura básica de todos los ciudadanos, llegando a alcanzar un nivel adecuado de alfabetización científica.

La Didáctica de las Ciencias está orientada a la obtención de la competencia científica cuyo fin es que el alumnado se capacite conceptual y metodológicamente para afrontar con éxito problemas en el ámbito escolar y en su entorno sicionatural. Para ello, el alumnado debe de percibir de una forma adecuada el espacio físico que le rodea, tanto a gran escala como en el entorno más inmediato. Debe de ser consciente del grado de influencia antrópica en ese espacio, su asentamiento, su actividad, cómo ese entorno se ve modificado por las personas y los paisajes resultantes, así como el beneficio y la necesidad de un aprovechamiento sostenible de los recursos provenientes del entorno. Nada de eso puede conseguirse por completo sin la enseñanza del Ciclo geológico al que está sometido la Tierra. Así como el ciclo por el que pasan los materiales que la componen. No puede adquirirse una competencia en el conocimiento y la interacción en el mundo físico sin conocer la razón por la cual la parte geológica que forma nuestro ambiente es como es y no de otro modo, y por qué se ha modificado y cómo lo ido haciendo de una forma gradual hasta llegar al relieve que hoy conocemos, pudiendo predecir su morfología en el futuro.

También es importante que los alumnos sean conscientes de lo que les ocurre a las rocas y los minerales formados en el interior de nuestro planeta cuando pasan a formar parte de la superficie, ya que lo que sucede a nivel superficial es lo que pueden observar a simple vista, y por tanto, lo que más les ayudará a acercarse al medio que les rodea. Este trabajo se centra a las alteraciones de estos materiales desde un punto físico-químico y biológico integrando de este modo a los seres vivos que nos rodean, seres vivos que el alumnado va estudiando de forma paralela al estudio de estos temas geológicos.

Además, es interesante que los alumnos y las alumnas estén al corriente de los desarrollos tecnológicos que han permitido el desarrollo de una ciencia tan nueva como es la Geología. Conociendo cómo han cambiado los métodos utilizados para el análisis de las muestras minerales y teniendo constancia de la existencia de las diferentes clases de laboratorios que pueden escaparse del laboratorio “tipo” que se conoce y utiliza en el Instituto. También es conveniente que conozcan algunos de los proyectos de investigación científica más novedosos, llevando a cabo de este modo una importante labor que no siempre se consigue realizar, la relación entre la Ciencia, la Tecnología y

la Sociedad, ya que uno de los principales en esta didáctica es la falta de interés del alumnado hacia estas asignatura, debido a la incomprensión de sus posibles aplicaciones. Para evitar o solventar este problema es necesario que los docentes muestren a sus alumnos y alumnas la utilidad que reside en los contenidos que estudian en clase, es decir, han de mostrarles la relación de esos contenidos con la realidad (ANEXO I).

## I. RELACIONES CON EL CURRÍCULO.

Una de las premisas que se ha tenido presente para enmarcar correctamente el tema que nos ocupa dentro del Currículo Oficial es la adecuación con las disposiciones legales actuales, tomándose como instrumento de guía las prescripciones curriculares estipuladas en la Normativa Curricular vigente.

Teniendo en cuenta que nuestro tema se refiere de modo directo a los contenidos que componen los diversos cursos que constituyen la E.S.O. y el Bachillerato se relacionará el mismo con lo convenido en el Currículo, tanto a nivel nacional como autonómico, haciendo referencia, por lo tanto, al RD. 1631/2006 y al D. 52/2007, en cuanto a la Educación Secundaria Obligatoria y al RD. 1467/2007 y al D. 42/2008, en relación con Bachillerato, y la ORDEN EDU 1061/2008, por la que se regula la implantación de Bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.

A continuación se comentarán los objetivos y los contenidos, realizando una separación entre la E.S.O. y Bachillerato.

### **ESO (ANEXO II):**

#### **a) Objetivos:**

*1. Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de las ciencias de la naturaleza para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones de desarrollos tecnocientíficos y sus aplicaciones.*

3. *Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, interpretar diagramas, gráficas, tablas y expresiones matemáticas elementales, así como comunicar a otras argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia.*

8. *Conocer y valorar las interacciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad y el medio ambiente, con atención particular a los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y la necesidad de búsqueda y aplicación de soluciones, sujetas al principio de precaución, para avanzar hacia un futuro sostenible.*

**b) Contenidos:**

Respecto a los contenidos, nuestro tema pertenecería principalmente a los bloques que aparecen a continuación:

CURSO DE LA E.S.O.	ASIGNATURA	BLOQUE
1º	Ciencias de la Naturaleza	Bloque 2. La Tierra y el Universo. El Universo y el Sistema Solar. Bloque 3. Materiales terrestres. La Geosfera.
2º	Ciencias de la Naturaleza	Bloque 4. Transformaciones geológicas debidas a la energía interna de la Tierra.
3º	Biología y Geología	Bloque 7: Transformaciones geológicas debidas a la energía externa.
4º	Biología y Geología	Bloque 2. La Tierra, un planeta en continuo cambio.

**BACHILLERATO (ANEXO III):**

**a) Objetivos:** se relaciona con los de la asignatura de Geología (2º Bachillerato), ya que es con la que más contenidos comparte.

- 1. Comprender los principales conceptos de la geología y su articulación en leyes, teorías y modelos, valorando el papel que éstos desempeñan en su desarrollo.*
- 2. Resolver problemas que se les planteen en la vida cotidiana, seleccionando y aplicando los conocimientos geológicos relevantes.*
- 3. Utilizar con autonomía las estrategias características de la investigación científica (plantear problemas, formular y contrastar hipótesis, planificar diseños experimentales, etc.) y los procedimientos propios de la geología, para realizar pequeñas investigaciones y, en general, explorar situaciones y fenómenos desconocidos para ellos.*
- 4. Comprender la naturaleza de la geología y sus limitaciones, así como sus complejas interacciones con la tecnología y la sociedad, valorando la necesidad de trabajar para lograr una mejora de las condiciones de vida actuales.*
- 6. Comprender que el desarrollo de la geología supone un proceso cambiante y dinámico, mostrando una actividad flexible y abierta frente a opiniones diversas.*

**b) Contenidos:**

En especial, nuestro tema está relacionado con el primer curso de Bachillerato de la Modalidad de Ciencias y Tecnologías, más en concreto, con el Bloque 1. Origen y estructura de la Tierra, el Bloque 2. Geodinámica interna. Tectónica de placas, y el Bloque 3. Geodinámica externa e historia de la Tierra de la asignatura de Biología y Geología.

En cuanto a segundo de Bachillerato, los contenidos de nuestro tema se encontrarían dentro de la materia optativa de Geología, la cual incluye dentro de su temario: Geología, tecnología y sociedad; Materia y energía de la Tierra; Los procesos geológicos; Geología de España y el entorno regional. Asimismo, también está asociado con la asignatura de Ciencias de la Tierra y Medioambientales, en el Bloque 3, la Geosfera. Además, existe una íntima relación entre el tema que nos ocupa y el Bloque 4. El mundo de los microorganismos y sus aplicaciones, de la asignatura de Biología.

## II. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

El desarrollo de la Petrología, al igual que el de la Geología, es reciente, aunque existen antecedentes de origen griego, en cuanto a conceptos, y romanos, en cuanto a aplicaciones. El nacimiento y progreso de la Geología está íntimamente relacionado con el origen de las rocas, situándose su nacimiento en el siglo XVII, con Nicolás Steno, quien escribió el primer tratado de Geología conocido. A él se deben la formulación de las primeras Leyes cristalográficas, el concepto de estrato y los principios básicos de la estratigrafía.

Ya en el Siglo XVIII, James Hutton (1726-1797) propuso la teoría plutonista, según la cual el origen de las rocas como el granito o el basalto sería endógeno, a partir de la consolidación de magmas y lavas volcánicas. Enfrentándose de este modo a la teoría neptunista propuesta por el geólogo más influyente en Europa durante el mismo siglo, Abraham Werner. Según esta teoría, todas las rocas se habrían formado por precipitación o sedimentación en el fondo de un gran océano.

Hutton es, además, considerado el padre del uniformismo, ya que enunció esta teoría, según la cual los procesos geológicos siempre han tenido lugar de la misma forma, tanto en la actualidad como a lo largo de la historia de la Tierra, a consecuencia del calor interno de la Tierra, la energía solar, la gravedad y la rotación terrestre. De este modo, Hutton se enfrentaba a las teorías catastrofistas, vigentes hasta el momento. Según estas teorías catastrofistas, la formación de los continentes, los océanos y las cordilleras se tenían su origen en las catástrofes bíblicas, como por ejemplo, el Diluvio universal. Entre los defensores de esta teoría se encontraban Cuvier o el propio Werner. Asimismo, Hutton estructuró un modelo de ciclo geológico, en el que podían diferenciarse un ciclo de degradación y otro de restauración.

Un siglo después, Charles Lyell (1.797-1.875), gracias a sus observaciones, pudo afirmar que todos los procesos geológicos tienen lugar de forma gradual, lenta y continua, ocurriendo así desde el origen de la Tierra. Dicho de otro modo, “el presente es la clave del pasado”. Este principio recibe el nombre de actualismo y resume la uniformidad de los procesos geológicos que, tanto Hutton como Lyell, proponían.

Los primeros trabajos petrográficos están asociados a estudios estratigráficos, ya que en ese momento el interés por las rocas sólo estaba relacionado con la historia de La Tierra. Estos primeros trabajos fueron:

- W. Smith (1815): elaboración un mapa geológico de Inglaterra, señalando el interés de los fósiles en sus correlaciones estratigráficas.
- Grabau (1913): por su libro “Principios de Estratigrafía”.
- Thwenhofetl (1982): por su “Tratado de Sedimentación”.

La Petrología se individualiza a finales del S-XX, gracias a trabajos que muestran un enfoque más similar al actual. Podemos señalar a distintos investigadores como: H. C. Scorby y L. Cayeux. Como continuadores de esta tendencia podemos citar a Krynine, Folk y Strakov.

En este siglo tomó protagonismo otra gran controversia geológica: el movimiento de los continentes, enunciando la deriva continental, teoría movilista defendida por Alfred Lothar Wegener, que desembocó en la teoría geológica de la Tectónica de placas.

A partir de los años 70, debido a los grandes a la mejora de las técnicas analíticas y el desarrollo de otras nuevas, la investigación da un giro, pasando desde el análisis del aspecto macroscópico y físico de las rocas al estudio microscópico y químico. Aparecen además nuevos instrumentos que permiten modificar el método convencional para el análisis y clasificación o identificación de rocas y minerales. Este método consistía en desplazarse hasta el ambiente en el que se encontraba la muestra a analizar, observando su contexto, después se seleccionaba las muestras y se analizaban. El análisis de las propiedades físicas se realizaba en el momento, mientras que el análisis de las propiedades químicas requería un laboratorio. La tecnología ha progresado notablemente en este campo, apareciendo instrumentos capaces de analizar muestras minerales “*in situ*”, siendo técnicas no destructivas que presentan entre otras ventajas una mayor rapidez, eficacia y fiabilidad del análisis de la muestra.

La Geología ha sabido conjugar los procesos uniformistas, graduales y continuos. De este modo, hoy en día, se sabe que la Tierra ha estado sometida de forma constante a diferentes transformaciones a lo largo de su historia. Dichas transformaciones son el resultado del Ciclo geológico, dentro del cual se encuentra el Ciclo geoquímico.

### **III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.**

El Ciclo geológico integra dos clases de procesos. Por una parte están los procesos geológicos internos y, por otra, los procesos geológicos externos. Por un lado, la dinámica interna, debida a la energía interna terrestre, da lugar a la formación de cordilleras (orogénesis), al desplazamiento de continentes o a la apertura o cierre de océanos, por lo tanto, podría decirse que se encarga de crear el relieve. Por otro lado, la dinámica externa, causada por la energía solar y la gravedad, tiene como objetivo modelar ese relieve (gliptogénesis). Esta modelación la consigue gracias a la acción de los agentes geológicos externos (atmósfera, hidrosfera y biosfera).

Además, a través del Ciclo geológico se lleva a cabo una litogénesis o formación de nuevos materiales, es decir, el Ciclo geológico engloba también al llamado Ciclo geoquímico o Ciclo de las rocas. Los procesos geológicos internos hacen que, en el interior de la corteza, se formen nuevos tipos de rocas a partir de otras ya existentes, tras la erosión de las rocas que las recubrían. Y los procesos geológicos externos dan lugar a la formación de otro tipo de rocas.

El Ciclo geológico determina, por lo tanto, cuáles son los ambientes en los que se originan los distintos tipos de rocas. Estos ambientes son el ambiente exógeno o sedimentario, que como su nombre indica se encuentra por encima de la superficie terrestre, y el ambiente endógeno, que se encuentra por debajo de dicha superficie. A su vez, el ambiente endógeno puede dividirse en ambiente magmático y ambiente metamórfico. Entre todos ellos existen diferencias de presión y temperatura que dan lugar a cambios en las rocas, ya que, siguiendo el Principio del equilibrio o adaptación al medio ambiente, todo material tiende a alcanzar condiciones de equilibrio con el medio ambiente en el que se encuentra, siempre que sea distinto del ambiente en el que se encontraba durante su formación.

Las rocas se clasifican dependiendo del ambiente en el que se originen, pudiendo ser, por tanto, rocas exógenas y rocas endógenas. Las primeras están formadas por las rocas sedimentarias, debidas a los procesos geológicos externos, y las segundas por las rocas ígneas y metamórficas, originadas por los procesos geológicos internos. Según estudios realizados acerca del Ciclo geológico, el origen de las rocas terrestres se encuentra en los magmas procedentes del manto. Estos magmas son llamados “magmas secundarios” y proceden de la fusión de rocas sedimentarias y metamórficas. Estas transformaciones cíclicas compondrían el Ciclos de las rocas.

### **1. EL CICLO DE LAS ROCAS.**

El ciclo comienza con la consolidación del magma y la formación de las rocas magmáticas o ígneas, las cuales pueden sufrir un proceso de metamorfismo y convertirse en rocas metamórficas o pueden salir expulsadas a la superficie terrestre por fenómenos geológicos, como los volcanes. Al salir a la superficie, debido a que las condiciones ambientales que existen en el manto son muy distintas a las que aparecen en la superficie terrestre, pasan por un proceso de hipergénesis, que provoca la erosión de la roca madre, ayudando a su degradación y a la formación de detritos. Los agentes geológicos actúan sobre estos detritos transportándolos y sedimentándolos. Más tarde, estos sedimentos sufren un proceso llamado diagénesis, que da lugar a una serie de cambios físico-químicos en los sedimentos, transformándolos en rocas sedimentarias. A partir de aquí, las rocas sedimentarias pueden seguir dos caminos, pueden sufrir un proceso de metamorfismo, convirtiéndose en rocas metamórficas o puede ocurrir que, por la acción de fluidos químicamente activos procedentes de otras rocas sedimentarias, se conviertan en rocas metasomáticas sedimentarias. Estas rocas metasomáticas sedimentarias, tras sufrir un metamorfismo, darán lugar a rocas metamórficas. Las rocas metamórficas resultantes pueden, por un lado, dar lugar a rocas ígneas mediante un proceso de migmatización o fusión parcial, y por otro, salir a la superficie, convirtiéndose en detritos, transformándose estos en rocas sedimentarias y siguiendo de nuevo el ciclo.

En determinadas ocasiones las rocas metamórficas, las magmáticas y, en menor medida, las sedimentarias, pueden sufrir procesos de anatexia o fusión diferencial y pasar a formar magmas secundarios.

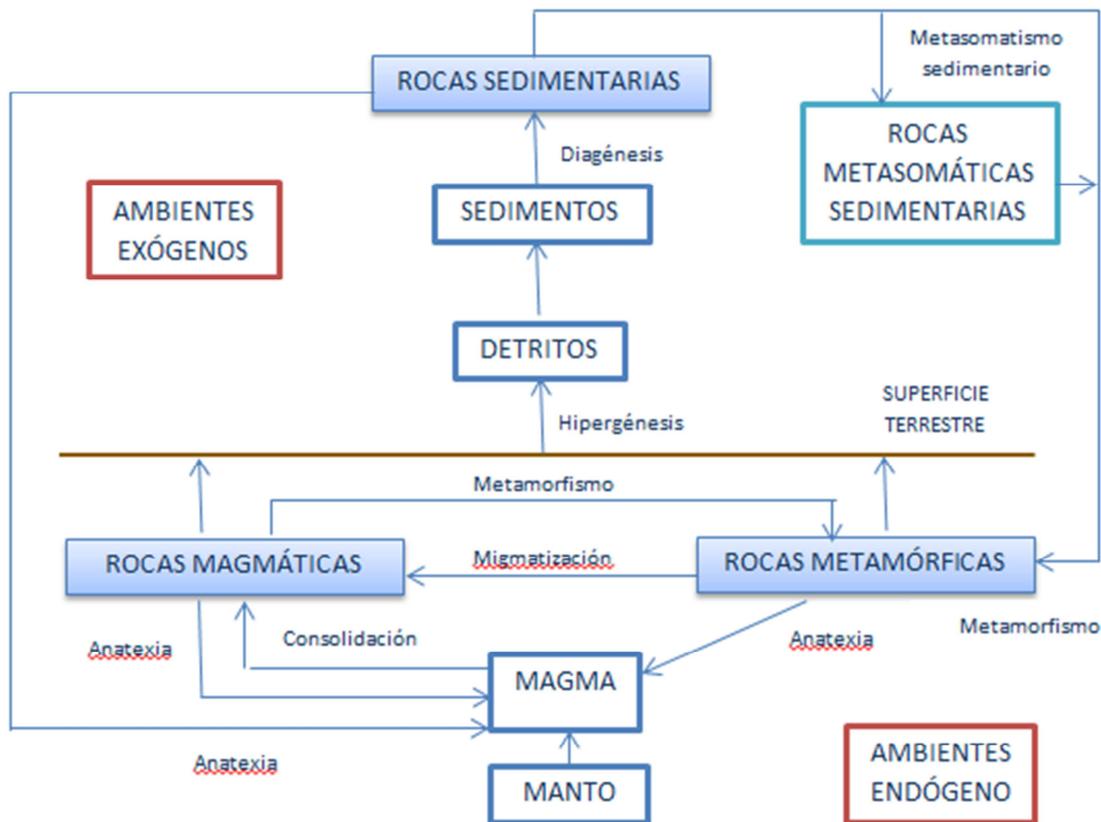


Fig. 1. Esquema del Ciclo de las rocas.

### 1.1. FORMACIÓN DE LAS ROCAS MAGMÁTICAS.

El magmatismo es el conjunto de procesos que constituyen la formación de los magmas, su evolución y su posterior consolidación, dando como resultado las rocas magmáticas.

Todo comienza con la formación del magma. Este magma está compuesto principalmente, por silicatos fundidos, pudiendo haber además en muy bajas proporciones otros tipos minerales, como óxidos sulfuros o sulfatos metálicos.

Los magmas también están compuestos por cierta proporción de fluidos, fundamentalmente H<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>, que les proporciona mayor fluidez.

Existen tres tipos de magmas:

- Magma basáltico o básico: es el más abundante y el más fluido de todos. Se origina por la fusión parcial de los materiales del manto terrestre. Funde a temperaturas comprendidas entre 950 y 1.200° C. Está formado por silicatos de Fe, Mg y Ca.
- Magma andesítico o intermedio: es el que menos abunda. Resultante de la fusión parcial de la corteza oceánica.
- Magma granítico o ácido: es el más viscoso. Se funde a más baja temperatura (700-800° C). Es debido a la fusión de la corteza continental. Está constituido por silicatos de Al, Na, Ca, K y Fe.

#### A. FACTORES QUE CONDICIONAN LA FORMACIÓN DEL MAGMA.

Tanto en el manto como en la corteza profunda pueden darse una serie de condiciones que permitan que parte de los materiales que se encuentran allí se fundan, originándose magma. Los factores que pueden llevar a cabo dicha fusión son:

- El aumento de temperatura.
- La disminución de la presión.
- El aumento de la cantidad de fluidos. Principalmente el agua, ya que es capaz de romper los enlaces existentes en los silicatos.

Estos factores pueden actuar independientemente o de forma simultánea. Al producir la fusión parcial del manto se formará un magma basáltico, el cual tiene menor densidad que las rocas que le rodean, por lo que tiende a ascender hasta que su densidad sea similar a la de las rocas encajantes, acumulándose en las cámaras volcánicas.

En el caso de que la cantidad de magma acumulado en estas cámaras sea muy elevado, parte de él emergerá a la superficie mediante una erupción volcánica, dando lugar de este modo, a las *rocas volcánicas*.

En magma que llegue a consolidarse dentro de las cámaras volcánicas originará a las *rocas plutónicas*, mientras que el magma que solidifique en las vías de ascenso a la superficie dará lugar a las *rocas filonianas*.

## B. EVOLUCIÓN DEL MAGMA.

Debido a la pérdida progresiva de temperatura que se da en la cámara magmática se produce una lenta consolidación del magma. Dicho proceso de consolidación tiene una alta complejidad y su duración puede llegar a varios millones de años.

Como causa de la heterogeneidad de los componentes del magma, estos cristalizan a diferentes temperaturas, de manera que los que tengan un punto de fusión mayor cristalizarán en primer lugar, siendo seguidos por los componentes con puntos de fusión menores. Durante la cristalización del magma se producen diversos procesos de los que resultan distintos tipos de rocas:

- Diferenciación gravitatoria: debido a que el magma está constituido por una parte sólida, más densa, y otra líquida, más ligera, y de diferente composición, los componentes pueden separarse por gravedad. Así, la parte sólida tendrá tendencia a hundirse, mientras que la líquida tenderá a ascender. A causa de esta separación se formarán rocas de distinta composición partiendo del mismo magma.
- Asimilación magmática: puede suceder que el magma, debido a su alta temperatura, funda parte de las rocas que lo rodean, pudiéndose originar una roca de distinta composición a la del magma original.
- Mezcla: puede ocurrir la mezcla de distintos tipos de magmas, dando lugar a rocas de diferente composición a la de los magmas originales.

## C. FASES DE LA CONSOLIDACIÓN MAGMÁTICA.

A lo largo de la consolidación del magma se dan las siguientes fases:

- Fase ortomagmática: se produce la cristalización de la mayor parte del magma. Los minerales cristalizados durante esta fase son prácticamente silicatos.

- **Fase pegmatítica-neumatolítica:** se caracteriza por la presencia de agua en estado gaseoso y minerales de bajo punto de fusión. Lo que ocurre en ella es que el fluido magmático presiona a la roca encajante, tratando de salir a exterior por grietas existentes. Al hacerlo, su temperatura disminuye cristalizando, dando lugar a rocas ricas en cuarzo, feldespato ortosa, mica moscovita, turmalita y algunos minerales de interés económico (Sn, W, Li, F...).
- **Fase hidrotermal:** el agua caliente intenta salir a la superficie. Si lo consigue, origina las fuentes termales. Esta agua lleva disuelta gran cantidad de minerales, de modo que al ir ascendiendo y perdiendo calor, muchos de estos minerales precipitan. De esta manera se forman filones de cuarzo con sulfuros metálicos de gran interés económico.

#### D. CLASIFICACIÓN.

La consolidación da lugar a dos tipos de rocas ígneas: plutónicas y volcánicas, habiendo un grupo con características intermedias, las rocas filonianas. En relación a la composición química y mineralógica resultante de la consolidación magmática, aparecen diversas rocas magmáticas. La figura 2 relaciona la composición química, en especial el contenido en sílice, con la mineralógica.

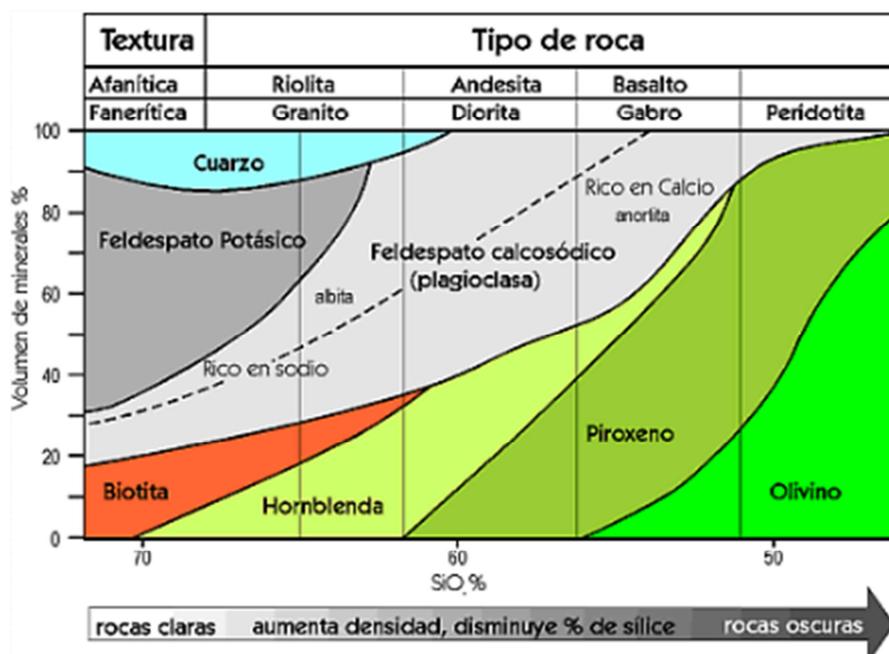


Fig. 2. Rocas magmáticas. Relación entre composición química y mineralógica.

## **1.2. FORMACIÓN DE LAS ROCAS METAMÓRFICAS.**

Se denomina metamorfismo a los cambios físico-químicos que se producen en las rocas, sin llegar a perder su estado sólido, es decir, sin llegar a fundirse. Estos cambios ocurren al profundizar en la corteza terrestre, ya que al hacerlo las condiciones de presión y temperatura varían. Estos cambios originan las rocas metamórficas, a partir de cualquier otra roca existente: magmática, sedimentaria u otra metamórfica.

El campo de metamorfismo se encuentra limitado por la diagénesis, a nivel superior, y por los procesos magmáticos, a nivel inferior.

El metamorfismo puede ser clasificado atendiendo a su grado de intensidad en: metamorfismo de grado muy bajo, bajo, medio y alto, aproximándose el de grado muy bajo a la diagénesis y el de grado alto al magmatismo.

La presión y la temperatura no varían paralelamente, por lo que podemos tener metamorfismo de alta presión y baja temperatura, y metamorfismos de baja presión y alta temperatura.

Para conocer el grado de metamorfismo de una roca se necesita conocer su campo de estabilidad. Como una misma roca está formada por minerales diferentes el campo de presión y temperatura estará definido por los campos estables de los distintos minerales. De este modo se habla de facies metamórficas, que son el conjunto de minerales que definen las condiciones de presión y temperatura a las que se ha formado la roca metamórfica.

### **A. FACTORES QUE INTERVIENEN.**

Los factores que interceden en el metamorfismo son los que aparecen a continuación:

- ▶ **Temperatura:** al aumentar la profundidad en la corteza terrestre se forma un gradiente geotérmico, que es el causante del aumento de temperatura. Este aumento de temperatura también puede producirse por la proximidad al magma. Los procesos metamórficos se producen en el intervalo de temperatura de 200 a 800 °C.
  
- ▶ **Presión:** la presión aumenta debido a tres causas:
  - Presión litostática.
  - Presión tectónica.
  - Presión de los fluidos existentes entre los granos.
  
- ▶ **Existencia de fluidos o volátiles:** debido a los procesos de deshidratación y descarbonatación que sufren algunos minerales, la presencia de fluidos aumenta durante el metamorfismo. Estos fluidos favorecen las reacciones químicas.

Estos factores han de mantenerse durante miles de años para que se produzcan cambios efectivos en las rocas.

## B. PROCESOS METAMÓRFICOS.

Se refieren a los cambios que sufren las rocas a consecuencia de la acción de los factores metamórficos comentados anteriormente. Estos procesos pueden ser físicos o químicos.

- ◆ Brechificación o rotura: se debe a la existencia de presiones tectónicas en los alrededores de las fallas. Lo que ocurre es que la roca se rompe dando lugar a una nueva textura, llamada cataclástica, adquiriendo un nuevo nombre: brechas de falla.
- ◆ Recristalización: ocurre a partir de los 300 °C. Durante este proceso los minerales se desplazan fácilmente, reagrupándose para formar cristales de mayor tamaño.
- ◆ Formación de estructuras orientadas: se produce una orientación mineral siguiendo direcciones perpendiculares a los esfuerzos de compresión sufridos.

- ♦ Deshidratación y descarbonatación: los minerales hidratados pierden su agua y su dióxido de carbono al encontrarse a temperaturas mayores a aquellas en las que se formaron. Esta agua y este dióxido de carbono se incorporan a los fluidos que rodean a dichos minerales, facilitando las reacciones metamórficas.
- ♦ Reajustes mineralógicos: cuando cambian las condiciones de temperatura y presión, los minerales que constituyen a las rocas se inestabilizan, reaccionando entre sí y dando lugar a los minerales metamórficos. Las reacciones que pueden darse dependen de la composición mineralógica y de las condiciones de presión y temperaturas existentes, y los cambios mineralógicos pueden ser parciales o totales.

### C. TIPOS DE METAMORFISMO.

Existen distintos tipos de metamorfismo debido a que los acontecimientos geológicos capaces de originarlos son muy variados. Los tipos más importantes son:

- ▲ **Metamorfismo dinámico o de presión**: se da en grandes fallas, zonas poco profundas en las que la presión aumenta de forma considerable, sin conllevar un aumento simultáneo de la temperatura. En él se dan procesos de brechificación o rotura.
- ▲ **Metamorfismo de contacto o térmico**: al contrario que en el metamorfismo anterior, aumenta la temperatura pero no lo hace la presión. Sucede en rocas que entran en contacto con magmas calientes. Alrededor de esta masa magmática se forma una aureola de contacto de rocas metamórficas de un espesor variable. En estas rocas se produce una recristalización parcial o total de los minerales metamórficos, dando lugar, por ejemplo, a pizarras mosqueadas en el primer caso, y cornubianitas, en el segundo.

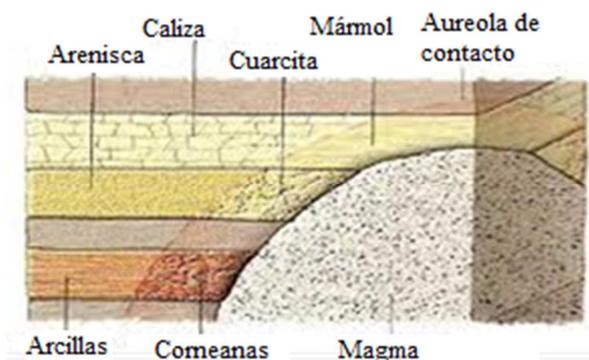


Fig. 3. Metamorfismo de contacto.

- ^ **Metamorfismo regional:** es el de mayor importancia, debido a que afecta a zonas extensas de la corteza continental. En este tipo de metamorfismo aumentan la temperatura y la presión paralelamente. En él se llevan a cabo procesos de formación de estructuras orientadas y de formación de nuevos minerales metamórficos. Se produce principalmente en las zonas de subducción. También puede aparecer un metamorfismo por enterramiento en las fosas oceánicas, aunque ocurre en menor medida.

#### D. CLASIFICACIÓN.

La composición química de la roca de origen condiciona la composición mineralógica de la roca metamórfica resultante. Las rocas metamórficas se clasifican atendiendo a su composición química, diferenciándose así dos grupos:

- Rocas silicatadas: formadas por cuarzo y otros tipos de silicatos. Las más comunes son pizarras, esquistos y gneises.
- Rocas carbonatadas: compuestas en su mayoría por carbonatos de calcio. Dentro de este grupo se encuentran los mármoles.

#### 1.3. FORMACIÓN DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS.

Estas rocas se forman como el resultado de los procesos geológicos externos. Estos procesos están relacionados con la formación y evolución de los suelos, los

recursos minerales disponibles, las rocas que se forman a partir de los sedimentos y la riqueza agrícola o forestal de una región.

Los procesos geológicos externos son las acciones llevadas a cabo por los agentes geológicos externos (atmósfera, viento, agua, hielo y seres vivos). Se producen en la superficie terrestre o cerca de ella, por la fuerza gravitatoria y/o la energía procedente del sol. Dichos procesos pueden ser estáticos (meteorización) o dinámicos (erosión, transporte y sedimentación).

La meteorización es un proceso lento de alteración *in situ* de las rocas expuestas a la intemperie por acción de los agentes geológicos externos. Esta puede ser física o química. En el primer caso no se da cambio en la composición de la roca tras la alteración, cosa que sí ocurre en el segundo caso. Entre los tipos de meteorización física podemos encontrarnos: haloclastica, termoclastica, bioclastia, descompresión y crioclastia. Los tipos de meteorización química son: disolución, hidratación, hidrólisis, carbonatación, bioquímica y oxidación.

La erosión puede definirse como la movilización por el agua, hielo o viento de los materiales que se producen como consecuencia de la meteorización. Debido a esta movilización se da el transporte, que es el traslado de los materiales disgregados de un lugar a otro.

Por último, se da la sedimentación, que es la acumulación de los materiales erosionados en las cuencas sedimentarias. Durante la sedimentación los materiales se acumulan formando estratos, los cuales se van enterrando debido al aporte continuo de materiales. A causa de este enterramiento, los sedimentos son sometidos a diferentes cambios físico-químicos, dando como resultado las rocas sedimentarias. Este proceso se llama diagénesis.

Durante la diagénesis se da un proceso de compactación, por el cual se produce una disminución de tamaño, con pérdida de poros y de agua. Los minerales que van disueltos en el agua precipitan, rellorando los poros y cementando las partículas. Asimismo, se producen otros cambios químicos que modifican la composición del

sedimento: procesos de disolución, intercambio iónico, oxidación-reducción, recristalización, reemplazamiento de minerales y fosilización.

### A. CLASIFICACIÓN.

Las rocas sedimentarias se clasifican atendiendo a su origen, de este modo, pueden ser:

- Rocas detríticas o de origen mecánico: compuestas mayoritariamente por sedimentos detríticos. A su vez se clasifican atendiendo al tamaño de grano en ruditas, samitas y lutitas.
- Rocas de origen químico y bioquímico: se clasifican en evaporitas y carbonáticas.
- Rocas de origen orgánico: dentro de este grupo se encuentran los carbones naturales, el petróleo y el gas natural.

## 2. ALTERACIÓN BIOLÓGICA A NIVEL SUPERFICIAL.

Cuando los distintos tipos de rocas, por diversos fenómenos, ascienden a la superficie comienzan a alterarse o verse modificadas a causa de los procesos geológicos externos de los que ya hemos hablado en el apartado anterior. Entre los distintos factores que se ven implicados en dicha alteración nos encontramos a los factores bióticos, es decir, alteraciones llevadas a cabo por los seres vivos, ya sea química o físicamente. Los seres vivos afectan a las rocas y a los minerales de forma significativa y variada. A continuación se comentan algunos de los casos en los que los seres vivos alteran química o físicamente a las rocas o a los minerales.

### A. METEORIZACIÓN BIOLÓGICA.

Es un proceso lento por el cual una roca es alterada *in situ* por medio de los seres vivos. Esta alteración puede ser tanto química como física. En la meteorización biofísica las raíces de las plantas y algunos animales excavadores amplían grietas y diaclasas de las rocas, lo que favorece la formación del suelo. En cuanto a la meteorización

bioquímica, los seres vivos (bacterias, hongos...) se fijan sobre las rocas descomponiéndola y facilitando la edafogénesis (Fig.4).



Fig.4. Roca colonizada por líquenes y musgos.

La colonización de las rocas no se limita al ambiente natural, sino que también repercute en el antrópico, originando, entre otras cosas, un problema en el patrimonio histórico arquitectónico conocido como “mal de la piedra”, siendo este uno de los principales problemas a los que se enfrenta el patrimonio actualmente. Este problema no sólo está causado por los seres vivos y la contaminación asociada a la actividad de la sociedad, aún así estos son una de las causas más importantes.

El “mal de la piedra” consiste en la descomposición de la piedra en forma de exfoliaciones, arenilla y desprendimientos de las capas externas en monumentos o edificios antiguos. Estos daños son cuantiosos, provocando la pérdida del volumen y el acabado original de la piedra, con reducción del pulido, variaciones cromáticas, etc. Es uno de los efectos más nocivos de la degradación ambiental sobre el patrimonio artístico e histórico.

La naturaleza de los granos minerales, la relación espacial entre los granos y la presencia de espacios vacíos condicionan el tipo de organismo que pueda colonizar dicha roca y el grado de colonización. Cuanto más poros tenga y más blanda sea una piedra más fácil será su colonización y, por lo tanto, tendrá un mayor número de organismos y/o microorganismos. La degradación de la piedra también está estrechamente relacionada con el ambiente en el que se encuentra.

Los seres vivos que son responsables de esta degradación son los líquenes, hongos, musgos, algas y bacterias, principalmente, dando lugar a pátinas biológicas (biofilm).

La observación de la piedra y sus daños es una práctica didáctica que favorece la capacidad de observación y de diagnóstico de las posibles causas que los han generado. Esto facilita la labor de recuperación o reconstrucción del monumento, ya que cuanto más conocimiento se adquiriera sobre el problema mayor será el número de actuaciones posibles y se llegará a soluciones más eficaces. También permite introducir a los alumnos en el papel tan importante que los organismos vivos juegan en procesos de génesis y transformación mineral.

### **B. AMBIENTES ÁCIDOS. BIOMINERALIZACIÓN.**

Durante la génesis mineral actúa un factor de gran importancia, el factor biológico. Su intervención en la formación mineral se da durante los ciclos biogeoquímicos, en los que aparece una relación metal-microbiota.

La geomicrobiología es la ciencia que estudia el papel desempeñado por los microorganismos en los procesos geológicos. Puede decirse que los microorganismos actúan como agentes geoquímicos, ya que intervienen en procesos tales como la concentración, dispersión o fraccionamiento de la materia.

La biomineralización es el proceso a través del cual los organismos intervienen en la formación mineral. Este proceso puede dividirse en biomineralización inducida biológicamente o biomineralización controlada biológicamente.

En el primer caso la acción llevada a cabo por los microorganismos no tiene como propósito la formación mineral, aún así esta se produce. Puede ocurrir de dos maneras, una de ellas se da mediante el aporte de superficies que actúen fijando iones, y otra, mediante el propio metabolismo bacteriano.

En el caso de la biomineralización controlada biológicamente, el microorganismo dispone de una “maquinaria” específica para llevar a cabo la biomineralización. Por lo tanto, hay situaciones en las que los seres vivos hacen posible la formación de ciertos minerales o rocas. De no existir estos, dichos materiales tampoco existirían. Esto es lo que ocurre en Río Tinto, siendo la jarosita, la copiapita y la coquimbita ejemplos de minerales que allí se forman gracias a la acción biológica.

Río Tinto es uno de los tres ríos más destacables de la geografía onubense, naciendo en la Sierra de Padre Caro, que se encuentra en las estribaciones meridionales de la Sierra de Aracena (Sierra Morena), y desembocando, junto con el río Odiel, en el Atlántico, dando origen a la Ría de Huelva. Su extensión es de, aproximadamente, 104 kms y a lo largo de su camino se extiende total o parcialmente por 27 municipios (dos de ellos sevillanos).

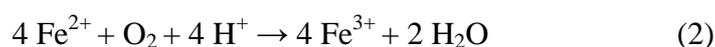
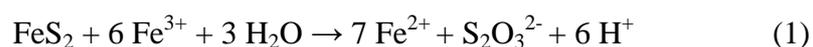
El distrito de Río Tinto se encuentra entre los ocho depósitos mayores de sulfuros masivos de la Faja Pirítica Ibérica. Incluso podría decirse que contiene la mayor concentración de sulfuros masivos de la corteza terrestre. Su explotación mineral comenzó en el siglo VIII a.c. y se ha realizado de forma ininterrumpida hasta la actualidad, siendo sus minas de pirita ferrocobrizada de gran importancia a nivel mundial. Sus minerales más abundantes son la calcopirita, calcocita, gossans, jarosita y pirita. Siendo los elementos más abundantes el hierro, el azufre, el cobalto, el plomo, el arsénico, el aluminio y la plata. Durante la explotación de sus minas se ha obtenido principalmente cobre, oro, plata y hierro.

Río Tinto está formado por un sistema muy heterogéneo en donde se encuentran ambientes muy distintos, habiéndose formado en él un conjunto de ecosistemas muy diversos pero interdependientes y conectados entre sí. El río se caracteriza principalmente por tener un pH muy ácido, alcanzando un valor medio de 2,3 (llegando en algunas zonas a ser de 0,8) y por tener cantidades elevadas de metales pesados en sus aguas, entre los que destaca el ion férrico, que le da a las aguas un color similar al del vino tinto, de ahí su nombre (Fig. 2). Ambas características hacen de este río un ambiente extremo, en donde, de forma contraria a como podría pensarse, se observa la proliferación de organismos vivos.



Fig. 5. Coloración propia de las aguas del río Tinto, debida principalmente al ion férrico.

Hasta hace poco se pensaba que las características de este río se debían a la contaminación originada por la explotación minera. Tras la realización de ciertas investigaciones se concluyó que, aunque la actividad minera afectó al río, su composición es fundamentalmente natural. Las condiciones extremas de Río Tinto están en su mayoría producidas y mantenidas por el componente biológico del sistema, siendo sus principales responsables unos organismos procarióticos quimiolitótrofos oxidadores de compuestos de azufre y de metales reducidos. Las vetas de pirita, calcopirita, gossan y otros minerales (complejos de azufre), brindan a estos organismos los recursos necesarios para su desarrollo. Dichos minerales se convierten en inestables al entrar en contacto con el oxígeno o el agua. Cuando estos minerales se exponen a alguno de los factores mencionados, los sulfuros metálicos se oxidan de forma espontánea (ver reacción 1 –caso de la pirita-), reacción que es acelerada de manera extraordinaria por la acción de organismos quimiolitótrofos y acidófilos, como son *Leptospirillum ferrooxidans* y *Acidithiobacillus ferrooxidans*. Estos organismos procarióticos aceleran la oxidación de minerales regenerando el ion férrico y obteniendo pH inferiores a 4 (reacción 2).



Además, algunas bacterias (como *Acidithiobacillus ferrooxidans* o *Thiomonas cuprina*) y arqueas (por ejemplo, *Metallosphaera spp.* o *Sulfolobus spp.*) pueden llevar a cabo una oxidación del tiosulfato producido en la reacción 1, de otros compuestos

inorgánicos reducidos del azufre y/o del azufre elemental, resultando de estas oxidaciones ácido sulfúrico (ver reacción 3). La hidrólisis del ión férrico también aumenta notablemente la acidez del medio (reacción 4).



El medio, por lo tanto, tiende a la acidificación debido a que la disolución de minerales básicos, como los carbonatos, no suelen ser suficientes para neutralizar la gran cantidad de protones producidos.

El agua entra en contacto con las vetas de los minerales, de modo que al salir a la superficie está cargada de otros metales pesados como el zinc y el manganeso. Esto se debe a la gran solubilidad de estos metales en agua ácida. No obstante, es el ión férrico el elemento dominante en este medio.

Este ambiente es idóneo para la formación de ciertos minerales, como es el caso de la jarosita. Este mineral fue descubierto en 1852 por el prestigioso mineralogista sajón Johann Friederich August Breithaupt, en el barranco de El Jaroso en Sierra Almagrera (Almería). Es un mineral del grupo VI (sulfatos) según la clasificación de Strunz, describiéndose como un sulfato de potasio y hierro hidratado, con la siguiente fórmula química es  $\text{KFe}_3^{3+}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$ . En realidad es más correcto referirse a los minerales del grupo de la jarosita que a la jarosita como tal. Estos minerales son conocidos también como piedra de alumbre o almagra, ya que es de ellos de donde se saca esta sustancia.

Su formación está asociada a la oxidación de sulfuros de hierro y a la existencia de aguas ácidas (por debajo de 6). Por ello, en Río Tinto es un mineral muy abundante. La relación existente entre la génesis del mineral y la acción bacteriana es evidente, ya que de no haber este tipo de microorganismos habitando el río, las condiciones no serían óptimas para la formación de la jarosita, y de otros minerales.

El mineral jarosita alcanzó un gran impacto mediático cuando a principios de 2004 el instrumento de espectroscopia Moessbauer a bordo del vehículo Opportunity la descubrió en Marte. Este hecho constituyó la primera evidencia experimental realizada sobre la superficie del planeta rojo de la formación de minerales en condiciones acuosas y por tanto de la existencia de agua en alguna época del pasado Marciano.

### B.1. ALGUNAS APLICACIONES.

Las investigaciones en este campo han dado lugar al conocimiento de los procesos desempeñados por diversos microorganismos durante la alteración de las rocas y los minerales. Este conocimiento ha conducido al desarrollo de distintas aplicaciones, en las que puede hacerse uso de la actuación microbiana para resolver diferentes problemas, ya que si se conoce el ciclo en el que intervienen estos microorganismos y cómo lo llevan a cabo, dichos procesos pueden manipularse con el fin de obtener diferentes beneficios. Algunas de estas aplicaciones son las siguientes:

- ✧ **Biología ambiental. Biorremediación.** Existen gran cantidad de ambientes acuáticos, terrestres y atmosféricos contaminados por metales pesados. La utilización de microorganismos es una solución eficaz para la remoción, recuperación o detoxificación de metales pesados y radionúclidos. Atendiendo a esto. Dependiendo del grado de oxidación que presente el metal un microorganismo puede realizar dos transformaciones posibles.
  - ◆ Lixiviación microbiana: se corresponde con la movilización del metal, es decir, el metal pasa de un estado insoluble inicial (fase sólida) a un estado soluble final (fase acuosa). Este tipo de procesos se utilizan en la industria minera a través de dos organismos: *Thiobacillus ferrooxidans* y *Thiobacillus thiooxidans*.

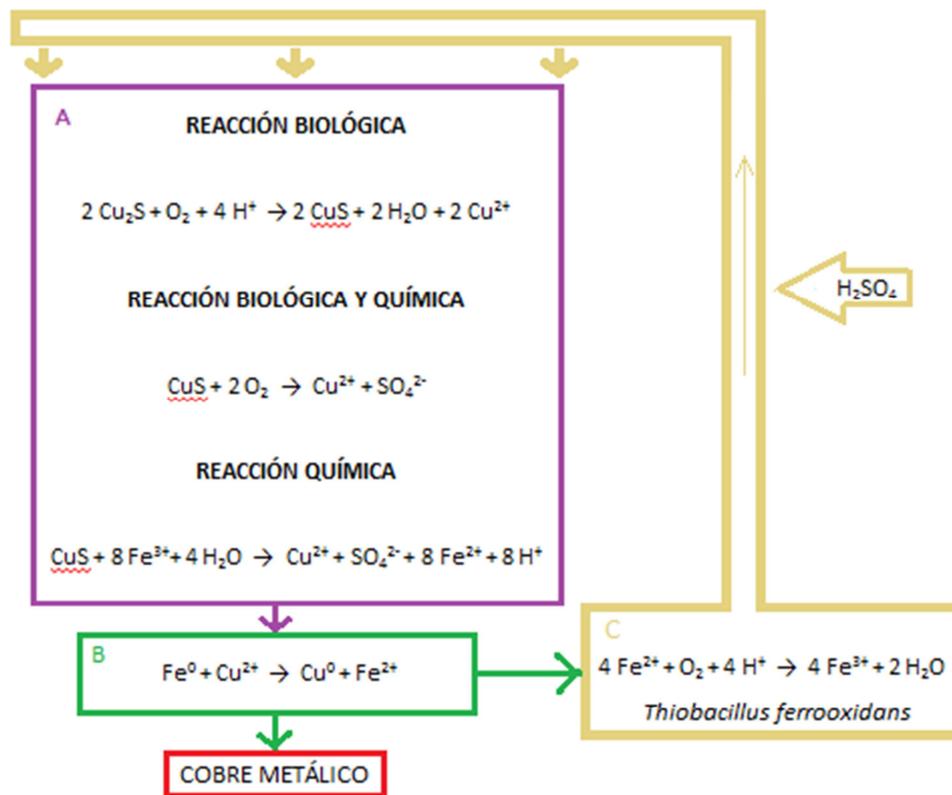


Fig. 6. Proceso de biolixiviación aplicado en minería. A. solubilización del mineral. B. Obtención de Cu metálico. C. Recuperación y recirculación del hierro.

- ♦ En segundo lugar, el objetivo es inmovilizar el metal, es decir, el pasaje de un estado soluble inicial (fase acuosa) a un estado insoluble final (fase sólida). Debido a la gran variedad microbiana existen microorganismos que resisten o toleran los metales (como levaduras, bacterias, hongos, algas o cierta flora acuática). Los primeros poseen mecanismos de detoxificación codificados genéticamente, inducidos por la presencia del metal. En cambio los segundos son indiferentes a la presencia o ausencia del metal. Tanto unos como otros son importantes captadores de metales en sitios contaminados, pudiendo extraer los contaminantes, ya que tienen la capacidad de concentrar en sus estructuras metales pesados a partir de soluciones acuosas diluidas. Ocurren de este modo distintos fenómenos: biosorción, bioacumulación, biomineralización, biotransformación y quimioabsorción mediada por microorganismos.

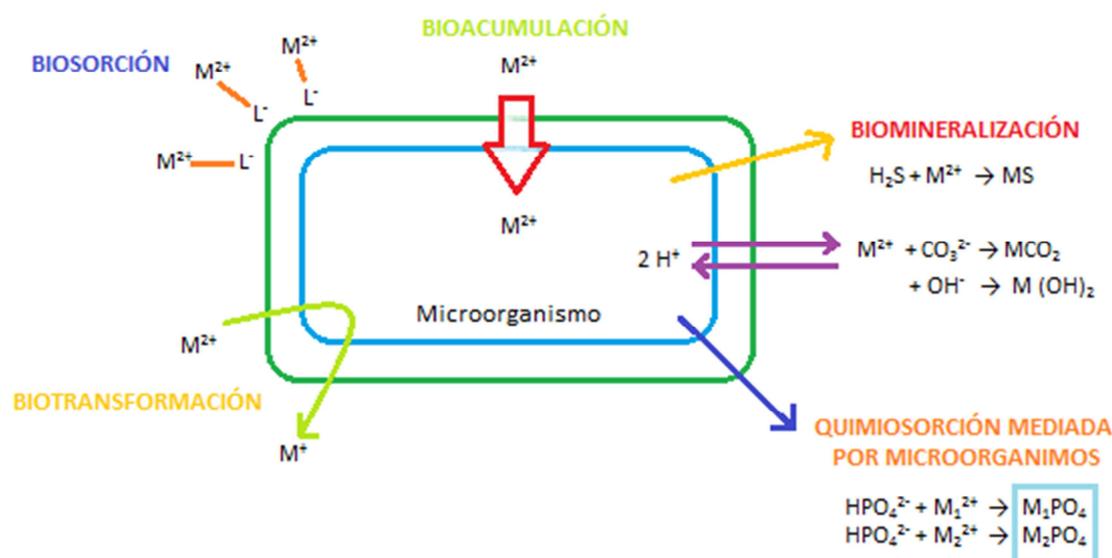


Fig. 7. Mecanismos de interacción entre microorganismos y metales pesados.

- ▣ **Astrobiología:** la ciencia evoluciona a la vez que evoluciona la tecnología, ya que la tecnología impulsa a la ciencia, y viceversa. En la actualidad existen nuevos métodos tecnológicos que permiten analizar los distintos materiales, identificando y cuantificando los componentes que los constituyen de una forma rápida y eficaz, algo que, sin duda, posee numerosas ventajas y aplicaciones, dando lugar a un sinnúmero de investigaciones, de gran interés para la humanidad. Hoy en día, el análisis de las muestras se realiza de un modo muy distinto al método que se ha venido reproduciendo hasta hace poco. El método antiguo requería un análisis “*ex situ*” que conllevaba cierta destrucción del medio, debido a la toma de muestras. En la actualidad existen diversas herramientas que permiten analizar las muestras “*in situ*” (fig. 5.C.), lo que conduce a una serie de ventajas con las que no se contaba en el pasado, como por ejemplo, una mayor rapidez y fiabilidad en el análisis de las muestras. Además, estas técnicas no son destructivas, lo que favorece la conservación del entorno. Entre estas técnicas se encuentran los espectómetros Raman (fig 5), gracias al cual pueden llevarse a cabo análisis precisos sobre las moléculas que componen la materia que nos rodea.

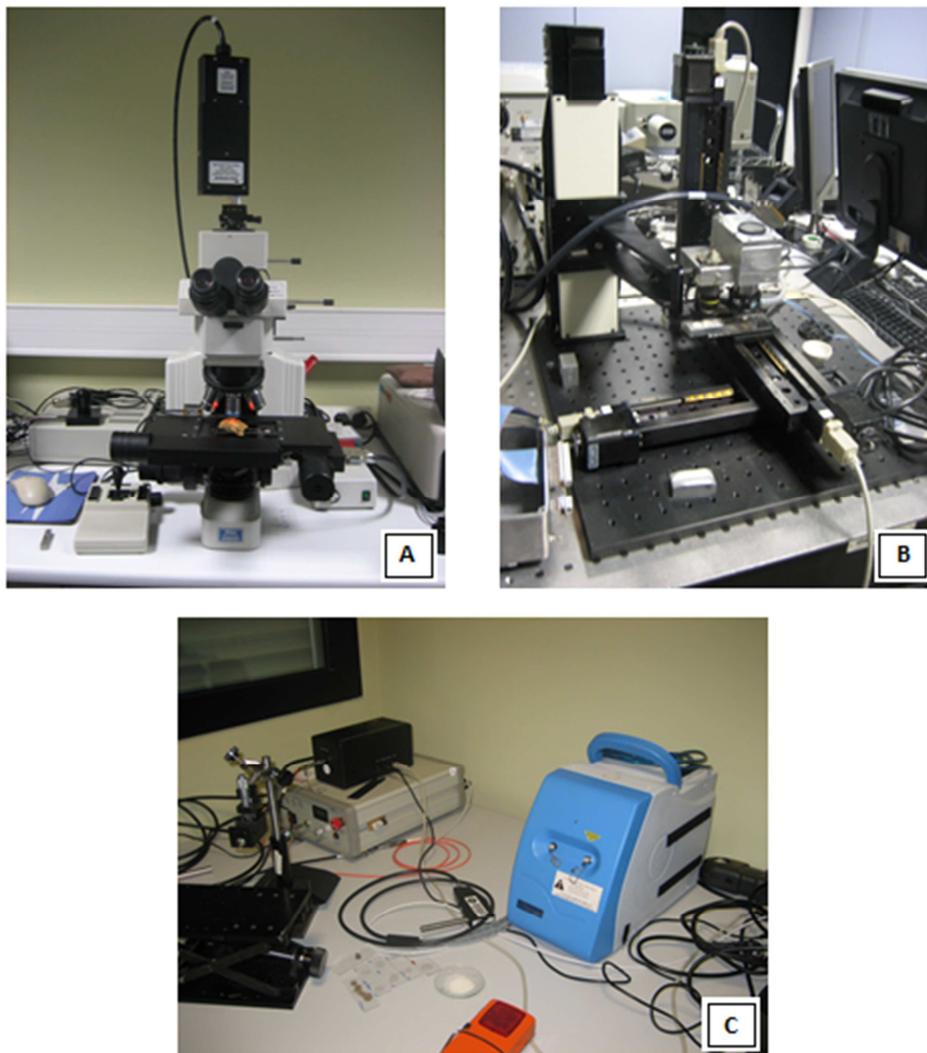


Fig. 8. A. Espectrómetro Raman acoplado a un microscopio. B. Espectrómetro para el análisis robotizado para muestras en polvo cristalino. C. Espectrómetro portátil para el análisis de muestras “*in situ*” en el campo o laboratorio.

En los últimos años se han realizado distintas investigaciones con el objetivo de encontrar en las rocas evidencias de que en el ambiente en el que se formaron y se alteraron existió vida. Estas evidencias son restos orgánicos como carbono, lípidos, clorofilas... pertenecientes a bacterias o cianobacterias. El ser capaces de analizar una roca con este fin tiene cuantiosas utilidades, ya que por ejemplo, puede ser posible buscar vida, o pruebas de que en algún momento hubo vida, en otros planetas, como Marte.

Se ha concluido que en este planeta hubo agua y hoy en día se pretende encontrar evidencias que demuestren que en Marte hubo o hay vida. Debido a que las expediciones a Marte son muy costosas, se han encontrado análogos

terrestres que sirvan de modelo para su exploración. De este modo, observando y estudiando los procesos que ocurren en estos medios tan extremos se facilitarían las investigaciones en Marte. Uno de los aspectos que más relacionan a Río Tinto con el planeta marciano, es la aparición de jarosita en grandes cantidades. Como ya se ha hablado, la génesis de jarosita está íntimamente ligada a la presencia de seres vivos, por lo que investigando más a fondo dicha relación pueden proponerse hipótesis acerca de lo que ocurre u ocurrió en Marte.

También podemos acercarnos al conocimiento astrobiológico mediante la caracterización geoquímica de rocas primitivas. En la actualidad se están realizando investigaciones de este tipo, gracias a diferentes muestras de estas rocas (3.600-2.800 Ma). Las muestras se corresponden con Chert y Komatiitas (Fig. 6 y 7). Las primeras provienen de Barberton (Sudáfrica) y de Australia.

Las komatiitas son rocas ígneas ultramáficas que se formaron en un periodo de tiempo muy concreto en el que el manto presentaba temperaturas de aproximadamente 1.700 grados Celsius, por lo tanto, pueden considerarse como análogos de los fósiles guía.

El objetivo de estos estudios es el de profundizar en el origen de la Tierra y de la evolución de la atmósfera. Asimismo, podría analizarse si en la atmósfera o en la hidrosfera primitiva pueden emerger y evolucionar la vida. El análisis de estas rocas también es de gran relevancia geobiológica en otros planetas y satélites, como son Marte e Io.

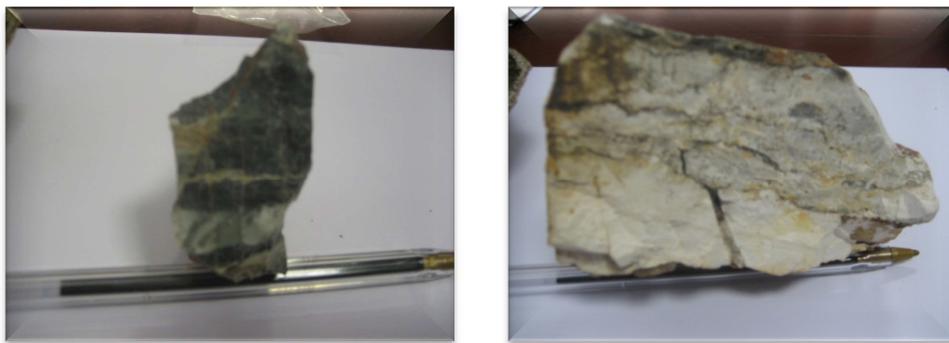


Fig. 9. Chert.



Fig. 10. Komatiita.

El 6 de Agosto aterrizó en Marte un vehículo explorador (*Curiosity*) que llevará a cabo una interesante misión en Marte. Dicho vehículo tiene como objetivo recoger y analizar diferentes muestras marcianas con el fin de obtener información sobre distintas cuestiones (evaluación de los procesos biológicos, objetivos geoquímicos y geoquímicos, evaluación de los procesos planetarios y evaluación de la radiación en superficie). Pues bien, el *Curiosity* está equipado con espectrómetros que realizarán los análisis de las muestras.

Además, esta tecnología tan avanzada se está utilizando para intentar cubrir la demanda de los llamados “recursos minerales críticos”, los cuales son muy apreciados, teniendo varias utilidades, pero se encuentran en pequeñas cantidades en la corteza terrestre. Por este motivo, se están realizando investigaciones con el fin de encontrar dichos recursos minerales en otras zonas, con el fin de extraerlos de las mismas, cubriendo la gran demanda que hay sobre ellos. Se están analizando muestras de otros planetas y satélites, y en zonas de la Tierra en las que hasta ahora no se habían explotado a nivel mineral, como por ejemplo las dorsales oceánicas. De este modo se ha encontrado titanio en la Luna, oro en las dorsales...



Fig. 11. Curiosity analizando muestras minerales con su Láser.

#### 4. CONTEXTO.

Dado que el objetivo principal de este trabajo es el de poner en práctica lo aprendido durante el Máster se verán los contenidos del tema elegido desde el punto de vista de un docente, enmarcando dicho tema dentro del contexto educativo, más concretamente dentro de la didáctica de las Ciencias en ESO y Bachillerato, relacionándolo de forma concreta con la didáctica de la Geología.

##### I. MARCO LEGISLATIVO.

Para comenzar se hace referencia a la normativa legal vigente en cuanto al ámbito de Educación en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, tanto a nivel nacional como autonómico.

- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
- Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.
- Real Decreto 1146/2011, de 29 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la ESO, así como los Reales Decretos 1834/2008, de 8 de noviembre, y 860/2010, de 2 de julio, afectados por estas modificaciones.
- Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas.

- Decreto 52/2007, de 17 de mayo, por el que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.
- Decreto 42/2008, de 5 de junio, por el que se establece el currículo de bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.
- ORDEN EDU/1061/2008, de 19 de junio, por la que se regula la implantación y el desarrollo del bachillerato en la Comunidad de Castilla y León.
- ORDEN EDU/1952/2007, de 29 de noviembre, por la que se regula la evaluación en Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.
- ORDEN EDU/1047/2007, de 12 de junio, por la que se regula la impartición de materias optativas en Educación Secundaria Obligatoria de la Comunidad de Castilla y León.
- ORDEN EDU/1046/2007, de 12 de junio, por la que se regula la implantación y el desarrollo de la Educación Secundaria Obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.

## II. DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS.

Podemos definir Didáctica de las Ciencias como *la parte de la Didáctica que se ocupa de estudiar y orientar todo lo relativo a la enseñanza de los conceptos, procesos, destrezas y actitudes asociadas a las ciencias como la Física, la Química, la Geología, la Biología u otras ciencias de la naturaleza relacionadas con las anteriores* (Cañal, 1990).

### 1. PASADO

Adúriz e Izquierdo (2002) realizan una división sobre la evolución de la didáctica de las ciencias resumiendo las aportaciones de distintos autores (Porlán, 1998, entre otros). De este modo dicha evolución queda segmentada en cinco etapas:

1. **Etapa disciplinar** (finales del siglo XIX hasta la década de los 50, en el siglo XX). Los trabajos llevados a cabo dentro del marco de la Didáctica de las Ciencias son

limitados y dispares, por lo que se puede concluir que dicha didáctica aún no ha nacido (Adúriz e Izquierdo, 2002).

Según comenta Cañal (1990) el desarrollo de la Didáctica de las Ciencias dentro de esta etapa sigue el siguiente esquema:

- De 1850 a 1870: las ideas predominantes son las de Pestalozzi, dominando una enseñanza basada en el estudio y la manipulación de objetos.
- De 1870 a 1890: en esta época es Herbart Spencer quien más influye, introduciéndose así programas de enseñanza más estructurados.
- De 1920 a 1950: se da una gran influencia de John Dewey y Williams James. A lo largo de este periodo se cuestiona la importancia de agregar la práctica de los procesos científicos.

Porlán (1998) resume las características más significativas que aparecieron en esta época:

- a. La visión de las ciencias estaba deformada.
- b. No se había iniciado la investigación didáctica.
- c. No existía un reconocimiento disciplinar.

2. **Etapa tecnológica** (década de los 50 hasta principios de los 70). Durante esta etapa se realiza gran número de reformas curriculares, las cuales son evaluadas metodológicamente de forma cuantitativa. Adúriz e Izquierdo (2002) caracterizan a esta etapa como tecnológica debido a la voluntad existente en ese momento de intervenir en el aula sin ocuparse del desarrollo del conocimiento básico.

En esta época ocurre un desarrollo institucional que se dio a la investigación y experimentación en el campo de la enseñanza de las ciencias en países anglosajones, y con un conjunto de medidas socio-políticas con las que pretendían impulsar el crecimiento científico y tecnológico en esos países (Porlán, 1998).

La década de los 50 se caracterizó por el gran desacuerdo que aparece en torno a los diversos paradigmas metodológicos procedentes del campo de la Psicología de la educación, complementados por los enfoques sociológico y etnográfico (Gandara, 1992).

Paralelamente en Estado Unidos se estimula el desarrollo de la educación científica, llevándose a cabo numerosas investigaciones puntuales y propuestas curriculares.

En Inglaterra se llevaron a cabo ambiciosos proyectos curriculares para la enseñanza de las ciencias, dando especial atención a la formación del profesorado, para lo que se crearon diferentes instituciones encargadas de facilitar dicha formación. Mientras tanto, en los países occidentales la necesidad del desarrollo tecnológico conduce a la estructuración científico-positivista de las disciplinas educativas.

A lo largo de los años 60 y 70 las investigaciones llevadas a cabo se limitan a obtener conclusiones acerca de la técnica y la metodología, los materiales y programas que debían aplicar los profesores en el aula. El pensamiento que predominaba era el de creer que la enseñanza eficaz podía ser confeccionada fuera de las aulas, instruyendo adecuadamente al profesorado sobre lo que debía o no hacer en las aulas, adquiriendo así destrezas asociadas con un rendimiento alto del alumnado, sin dar opciones a modificaciones por parte de los enseñantes. El enseñante es un mero técnico aplicador de planes ajenos (Contreras, 1996).

En Francia, Italia y España aparecen *movimientos de renovación pedagógica* impulsados por intensas corrientes de reforma de la Educación. Estos movimientos se llevan a cabo principalmente por profesores, lográndose dos objetivos positivos: por un lado, se desarrolla un amplio repertorio de estrategias y recursos didácticos, y por otro, aparece una tendencia de actitudes positivas hacia la innovación y la formación constante del profesorado (Cañal, 1990).

La Didáctica de las Ciencias está marcada, en sus inicios, por una clara delimitación de sus objetivos y metas. Al fracasar las acciones tecnológicas dichos

objetivos y metas comenzaron a cuestionarse, reformulándose el campo de estudio y resurgiendo con una identidad propia, siendo su enfoque más autónomo. A partir de este momento el objetivo principal no es la formación de una élite científica sino la alfabetización científica del ciudadano (Adúriz e Izquierdo, 2002).

A lo largo de esta etapa el modelo de aprendizaje que predomina en España es el modelo de transmisión-recepción, llevado a cabo mediante un aprendizaje de tipo memorístico. Este tipo de enseñanza se caracteriza por ser un proceso transmisivo y unidireccional en el que el docente expone los contenidos y el alumnado debía comprender dichos contenidos, recordarlos y aplicarlos sin problemas (Cañal *et al.* 2011).

Según Porlán (1998) esta segunda etapa estuvo marcada por:

- a. Comienza una visión positivista de la Ciencia (1968 pleno apogeo).
- b. Los procesos de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias se ven de forma simplificada.

3. **Etapa protodisciplinar** (década de los 70). A lo largo de los 70 se constituyeron en España numerosos grupos de trabajo preocupados por el creciente fracaso escolar y ajenos a la Comunidad Internacional (Gil, 1994).

Tras la Conferencia Nacional de Estudios sobre Enseñanza, organizada por el National Institute of Education (EEUU, 1974) renacen propuestas para el estudio sobre la conducta del profesor y la psicología cognitiva (Pérez y Gimeno, 1988). A finales de los 70 y principios de los 80 se produce una crisis en el enfoque dominante. Se lleva a cabo un movimiento de crítica generalizada respecto a los enfoques estadístico-cuantitativos y al paradigma proceso-producto. En contraposición, comienzan a impulsarse los enfoques holísticos y situacionales, proponiéndose metodologías cualitativas y de estudio de caso. Comienza una pedagogía centrada en el profesorado, donde el profesor se convierte en un mediador cognitivo de las ideas y propuestas educativas (Pérez y Gimeno, 1988; Contreras, 1996; Porlán, 1998). Aunque también

hay quien consideran que dichas investigaciones cualitativas carecen del rigor necesario que debe contener el conocimiento científico (Gandara, 1992).

*“Ya no se trata de enseñar una ciencia absoluta, sino tentativa, condicionada por intereses sociales y sometida a procesos más o menos acelerados y profundos de cambio”* (Porlán, 1998).

Paralelamente aparecen problemas en la psicología del aprendizaje que influyen de forma directa en el campo de la Didáctica de las Ciencias, surgiendo críticas al conductivismo y asentándose los modelos cognitivos, comenzándose a creer que lo que piensa el maestro es un factor importante para comprender sus actuaciones (Contreras, 1996; Pérez y Gimeno, 1988).

A finales de los 60 el aprendizaje de tipo transmisión-recepción se encontró seriamente en tela de juicio, hasta que fue sustituido por el modelo de aprendizaje por descubrimiento (Libro Blanco 1969). Este modelo de aprendizaje conllevaba un aprendizaje de tipo cognitivista. Desde el punto de vista positivo estimuló la investigación en la didáctica de las ciencias y produjo una gran cantidad de proyectos y materiales, aunque también estuvo sometido a varias críticas respecto a sus fundamentos teóricos como a su eficacia (Cañal *et al.* 2011).

4. **Disciplina emergente** (década de los 80). Durante esta etapa surge una preocupación por la coherencia teórica del cuerpo de conocimiento acumulado. Esta autorrevisión conceptual desemboca en la aceptación del constructivismo como base teórica común (Adúriz e Izquierdo, 2002).

A finales de los 70 y principios de los 80 se da una crisis del modelo desarrollista y se comienza a cuestionar el positivismo. En la década de los 80, ya no ocurre como en las dos décadas anteriores, en las que lo importante era enseñar ciencia con el fin de aumentar la capacidad de producción científica y tecnológica en la sociedad; si no que ahora lo importante es enseñar ciencia a todos los ciudadanos teniendo como objetivo democratizar el uso social y político de la ciencia. Se debate si la finalidad de la

educación científica en etapas obligatorias es enseñar ciencias en sentido estricto o incorporar aspectos de la cultura científica en la formación básica (Porlán, 1998).

Según Porlán (1998) esta etapa tuvo las siguientes características:

- a. La Ciencia se ve desde un punto más relativista.
- b. Los procesos de enseñanza-aprendizaje de la Ciencia cobran mayor complejidad.
- c. Las concepciones de los alumnos y los profesores comienzan a estudiarse.
- d. Apertura interdisciplinar.
- e. Los contenidos se analizan didácticamente.
- f. Modelo alternativo constructivista.
- g. La didáctica de las Ciencias se ve como una disciplina práctica.

En esta época existen fuertes diferencias respecto a cuáles deberían ser las orientaciones y los contenidos de asignaturas en torno a la Didáctica de las Ciencias. Además, comienza a darse importancia a la formación del profesorado, ya que en ese momento pueden diferenciarse dos tendencias erróneas en cuanto a la enseñanza (Furió *et al.* 1989):

1. Enseñanza centrada en los contenidos: se realiza una simple transmisión de conocimientos científicos.
2. Enseñanza que ignora los contenidos: ocurre una preparación psicopedagógica general, de modo que se olvidan casi totalmente los contenidos específicos.

Por lo tanto, en esta época se llevaron a cabo numerosas investigaciones sobre Didáctica con el fin de buscar nuevas orientaciones, lo que provocó la aparición de modelos mediacionales centrados en el punto del profesor y las características internas de los alumnos. Surgen nuevas investigaciones basadas en dos enfoques distintos: enfoque cognitivo y enfoque alternativo (Pérez y Gimeno, 1988).

Desde 1980 a 1985 existen básicamente tres líneas de investigación: epistemológica, psicológica y pedagógica (Porlán, 1998). Las investigaciones durante los 80 y 90 se vieron incrementadas tanto en la Comunidad Internacional como en países con un desarrollo tardío como el nuestro (Gil, 1994).

Aparecen en ese periodo circunstancias que facilitan la introducción de transformaciones en la orientación de esta enseñanza (Furió *et al.* 1989; Cañal, 1990; Gandara, 1992):

- Ley de Reforma Universitaria (1983): en ella se contempla el Área de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, dando paso a la aparición de Departamentos de Didáctica de las Ciencias en las Universidades españolas. Aunque sólo se adscriben Escuelas de Magisterio y los institutos de Ciencia de educación. Gandara (1992) señala que no es hasta 1987 cuando se constituyen los distintos departamentos como “unidades básicas encargadas de organizar y desarrollar la investigación y las enseñanzas de sus respectivas áreas de conocimiento”. También comenta que son pocas las universidades españolas que cuenten con dicho departamento, por lo que los investigadores, generalmente, se encuentran dispersos y no siguen una línea definida de investigación, limitándose su única formación psico-pedagógica a cursos y seminarios de carácter voluntario, al margen de una organización curricular. En cuanto a los departamentos de Didáctica de Ciencias Experimentales están compuestos en su mayoría por profesionales procedentes de las Escuelas de Magisterio.
- Aparecen revistas como Cuaderno de Pedagogía y Enseñanza de las Ciencias que favorecen el desarrollo de la Didáctica de las Ciencias. También se publican libros de fuerte impacto sobre Enseñanza de Ciencias. Antes de los 80 la Didáctica de las Ciencias en España era prácticamente nula debido a que no existían órganos de expresión o foros de comunicación como los que caracterizan a otras áreas de investigación (Gandara, 1992; Gil, 1994).
- Se comienzan a organizar Congresos, Simposios y Jornadas. Especialmente a partir de 1985 (Gandara, 1992).

Al mismo tiempo se forma una comunidad de investigadores en países con gran tradición en el tratamiento científico de los problemas de enseñanza, avanzando así hacia una Didáctica de las Ciencias fundamentada. Dicha comunidad está constituida en su mayoría por titulados de Física, Química, Geología y Biología, estando formada además por un pequeño número de psicólogos y licenciados en Ciencias de la Educación.

5. **Disciplina consolidada** (a partir de los años 90). Cañal (1990) afirma que a principios de los años 90 la didáctica de las ciencias constituye un campo de conocimiento científico y de investigación importante; no obstante, hay ciertos puntos que pueden presentar problemas para su desarrollo:

1. La delimitación de los conceptos de Enseñanza de las Ciencias y Didáctica de las Ciencias, los cuales se utilizan indistintamente.
2. No ha de obviarse la relación existente entre la Didáctica y la Didáctica de las Ciencias.

La Didáctica de las Ciencias se consolida como un cuerpo propio de conocimientos teóricos que incorpora los avances de la psicología cognitiva y de las ciencias de la educación respecto al aprendizaje, los logros de la psicología afectiva y los de la Historia y la epistemología de las Ciencias (Furió, 1994).

Adúriz e Izquierdo (2002) opinan que existe un conjunto de indicadores que hacen evidente la madurez obtenida por la didáctica de las ciencias:

1. Crecimiento exponencial de la cantidad de producciones.
2. La consolidación de redes de difusión de resultados de forma internacional. Además, en la década de los 90 aparece un acercamiento entre las comunidades de didactas de América del Norte, Gran Bretaña, Australia, Europa continental y Latinoamérica.
3. La didáctica de las ciencias es reconocida como el área de conocimiento específico y como titulación de postgrado.
4. La complejidad de diversos modelos didácticos formulados.

Durante esta década el profesor continúa cobrando protagonismo y los centros educativos comienzan a considerarse como ámbitos estructurales que han de ser tenidos en cuenta a la hora de proponer innovaciones o diseñar el currículo. Las organizaciones educativas deben aprender a adaptarse y a encontrar sus propias estrategias de acción. El cambio cobra otro sentido. Con anterioridad un cambio se llevaba a cabo mediante la sustitución de una práctica que no funcionaba por otra. Ahora, el cambio es un proceso de desarrollo, evolución o aprendizaje (Contreras, 1996).

La ideología política en este momento respecto a las reformas educativas se basa en la conservación de un carácter de adaptación a las diferentes circunstancias sociales y culturales del alumnado al que va dirigida dichas reformas. El currículo conocido como igual para todos se transforma en un currículo para la diversidad. Las políticas de reforma se dirigen hacia la descentralización curricular y la devolución de las responsabilidades de la educación al profesorado y a los centros. Las tendencias en innovación destinan más a desarrollar estrategias y modelos de intervención del profesorado que a delimitar las prácticas docentes que éste lleva a cabo. De este modo, se produce un crecimiento en cuanto a la investigación sobre el profesorado se refiere, llevándose a cabo una investigación en acción (Contreras, 1996).

El desarrollo de la Didáctica de las Ciencias, como ya se ha visto, se produjo gracias a las investigaciones realizadas en este campo, teniendo sus orígenes en importantes proyectos curriculares de los años 50 y 60 (PSSC, CBA, etc). En resumen, se podría decir que estas investigaciones siguieron la evolución que aparece a continuación (Moreira, 2004):

- Proyectos curriculares importantes (años 50 y 60).
- Estudios acerca de concepciones alternativas (años 70).
- Estudios acerca del cambio conceptual (años 80).
- Estudios acerca de las representaciones mentales (años 90).
- Estudios sobre la formación del profesorado y demás temas relacionados con los docentes (finales del siglo XX).

Para finalizar, a partir de los 80 surgió un nuevo modelo de aprendizaje formado por la unión de varios modelos de aprendizaje, el modelo genético de Piaget, el modelo asimilativo de Ausubel y el de Vygotskii. Dicho modelo se conoce con el nombre de constructivista.

## 2. PRESENTE: DE CONTENIDOS A COMPETENCIAS.

En la actualidad el proceso de enseñanza-aprendizaje ya no se basa en adquirir contenidos sino competencias. El término “competencia” aparece por primera vez en la última reforma curricular de la Educación Secundaria (Real Decreto 1631/2006). A pesar de que no aparezca de modo explícito en Bachillerato, sí está implícito en muchas de sus materias (Real Decreto 1467/2007). La LOE define competencia como aquellos:

*(...) aprendizajes que consideran imprescindibles, desde un planteamiento integrador y orientado a la aplicación de los saberes aprendidos. Su logro deberá capacitar al alumnado para su realización personal, el ejercicio de la ciudadanía activa, la incorporación a la vida adulta de manera satisfactoria y el desarrollo de un aprendizaje permanente a lo largo de la vida. (Ley Orgánica 2/2006 de Educación).*

El término tenía su génesis en el mundo laboral, según las fuentes europeas que han intervenido en su aparición (Eurydice, 2003), por lo que se vincula al crecimiento económico, a la eficiencia y la rentabilidad empresarial. No obstante, desde el punto de vista educativo, las competencias están relacionadas a:

*(...) conocimientos, destrezas, valores, actitudes, etc. Que necesitan los seres humanos para sobrevivir, desarrollar sus capacidades, vivir y trabajar con dignidad, participar plenamente en el desarrollo, mejorar su calidad de vida, tomar decisiones debidamente informados y continuar aprendiendo. (WCEFA, 1990).*

Según algunos autores (Cañal *et al.* 2011), «el término “competencia” aún está por construir y su significado dependerá de hacia dónde se dirija su concreción en la práctica docente». Aún así, según estos autores, pueden sacarse ideas claras:

- ♦ Hay diferencia significativa entre las *competencias profesionales* y las *competencias básicas*.
- ♦ Lo importante durante el proceso de enseñanza-aprendizaje es saber poner en práctica los contenidos aprendidos.
- ♦ Propone una idea integradora, en la que la educación formal y no formal se aproximen, en la que no exista separación entre las distintas disciplinas...
- ♦ Al no limitarse la adquisición de competencias a la escolaridad se produce una modificación en la temporalización, exigiendo una secuenciación.
- ♦ Las formas de evaluar y calificar han de modificarse.

Las competencias establecidas, según la LOE, son las siguientes:

1. Competencia en comunicación lingüística.
2. Competencia matemática.
3. Competencia en el conocimiento e interacción con el mundo físico.
4. Competencia en el tratamiento de información y competencia digital.
5. Competencia para aprender a aprender.
6. Competencia social y ciudadana.
7. Competencia para la autonomía e iniciativa personal.
8. Competencia cultural y artística.

La Didáctica que nos ocupa, la de las Ciencias, está orientada a la competencia científica, teniendo como principal objetivo el de capacitar científicamente al alumnado de forma conceptual, metodológica, actitudinal e integrada con el fin de que sea capaz de afrontar exitosamente los problemas que se le presente tanto en el ámbito escolar como en su entorno sacionatural. Siguiendo la perspectiva de Cañal (2011) sobre la competencia científica podemos observar las capacidades y aprendizajes básicos en la tabla 1.

DIMENSIÓN DE LA COMPETENCIA CIENTÍFICA

Capacidades científicas

Aprendizajes básicos

Conceptual

- Capacidad de utilizar el conocimiento científico personal para describir, explicar y predecir fenómenos naturales. Ser capaz de utilizar adecuadamente el conocimiento científico supone conocerlo de forma significativa. Es decir, saber emplearlo para describir, explicar o predecir adecuadamente alguna cosa o fenómeno concreto relativo a la naturaleza y la tecnología.
- Capacidad de utilizar los conceptos y modelos científicos para analizar problemas. ser capaz no solo de emplearlos para reproducirlos en pruebas o exámenes, sino también para reflexionar y para decidir con fundamento sobre problemas e interrogantes que se planteen en contextos académicos y cotidianos.
- Capacidad de diferenciar la ciencia de otras interpretaciones no científicas de la realidad. Distinguir entre los fines, fundamentos y metodologías de la investigación científica y los propios de otras aproximaciones a la realidad.

- Aprender significativamente los principales conceptos, modelos y teorías científico-escolares de la Biología y la Geología.
- Establecer relaciones entre dichos conocimientos, integrándolos.
- Utilizar esos conceptos, modelos y teorías científico-escolares para describir, explicar o predecir cosas o fenómenos de la realidad.
- Emplear los conceptos, modelos y teorías científico-escolares para analizar problemas y soluciones planteadas en diferentes contextos vivenciales del alumnado relativos a los seres vivos y la geología.
- Conocer significativamente para qué, con qué fundamento y cómo se elabora el conocimiento científico.

Metodológica

- Capacidad de identificar problemas científicos y diseñar estrategias para su investigación. Detectar aspectos problemáticos, formular hipótesis al respecto y planificar la contrastación de las mismas.
- Capacidad de obtener información relevante para la investigación. Poseer criterios y procedimientos adecuados para buscar, valorar y seleccionar fuentes de información fiables y relevantes para la cuestión investigada y obtener información valiosa de distintas fuentes.
- Capacidad de procesar la información obtenida. Realizar las tareas necesarias para interpretar adecuadamente el significado de

- Identificar y formular problemas.
- Formular hipótesis.
- Diseñar procesos de contrastación.
- Buscar y seleccionar fuentes de información relevantes.
- Obtener información fiable y relevante de las distintas fuentes.
- Tratar los datos obtenidos para interpretarlos adecuadamente: resumir, comparar, clasificar, cuantificar, relacionar, etc. Lectura de gráficas.
- Interpretar los resultados.
- Producir y valorar argumentaciones y conclusiones.
- Formular conclusiones coherentes con los planteamientos, resultados y antecedentes

	<p>los datos obtenidos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidad de formular conclusiones fundamentadas. A partir de los resultados, formular conclusiones relativas a los objetivos, problemas, hipótesis y metodología de la investigación, en relación con los resultados y conclusiones de investigaciones anteriores sobre la problemática investigada.</li> </ul>	<p>de la investigación.</p>
<p>Actitudinal</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidad de valorar la calidad de una información en función de su procedencia y de los procedimientos científicamente fiables y ser críticos con aquellas que no reúnan esos requisitos.</li> <li>▪ Capacidad de interesarse por el conocimiento, indagación y resolución de problemas científicos y problemáticas socio ambientales. Sentir interés por las respuestas y soluciones ante los interrogantes científicos y personales sobre la realidad natural y tecnológica, así como ante las amenazas de los problemas socioambientales, y optar por soluciones que favorezcan los procesos de equilibrio y desarrollo sostenible.</li> <li>▪ Capacidad de adoptar decisiones autónomas y críticas en contextos personales y sociales. Es decir, poseer los conocimientos y criterios científicos conjugados con otros de distinta naturaleza, que sean necesarios para efectuar valoraciones y tomar, decisiones con autonomía y suficiente fundamentación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Valorar positivamente las informaciones o argumentos científicos frente a otros que no lo sean, en contextos de investigación.</li> <li>▪ Valorar positivamente los procedimientos científicos frente a otros que no lo sean, en contextos de investigación.</li> <li>▪ Interesarse por el conocimiento científico de la realidad material.</li> <li>▪ Interesarse por conocer y resolver problemas socioambientales.</li> <li>▪ Valorar positivamente la adopción de medidas que resuelvan problemáticas como el agotamiento de los recursos naturales o el deterioro ambiental, y favorezcan un desarrollo sostenible.</li> <li>▪ Valorar positivamente el sentido crítico y saber emplearlo.</li> </ul>
<p>Integrada</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidad de utilizar en forma integrada las anteriores capacidades para dar respuestas o pautas de actuación adecuadas ante problemas concretos científicos, tecnológicos o socioambientales, en contextos vivenciales del alumnado. Ser capaz de movilizar en forma conjunta e integrada todas las capacidades definitorias de la competencia científica y actuar con coherencia y eficacia ante problemas y</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Establecer relaciones funcionales entre distintas capacidades científicas.</li> <li>▪ Desarrollar pautas de actuación ante problemas concretos del entorno que sean coherentes con las perspectivas científicas.</li> </ul>

contextos específicos.
------------------------

Tabla 1. Capacidades y aprendizajes básicos (Cañal *et al.* 2011).

## 2.1. PRINCIPALES PROBLEMAS.

*“La enseñanza de las ciencias viene a significar una encrucijada cognitiva donde se dan cita una diversidad de conocimientos: académico, cotidiano, de ciencias, del alumno o del profesor”* (Marín, N. 2003).

No hace demasiados años la ciencia se aprendía casi exclusivamente en el ámbito académico, el cual se nutría principalmente de la “ciencia de los científicos”. También se hablaba de otro tipo de conocimiento científico, la “cultura de campo”, aunque sus contribuciones eran bastante limitadas (Cañal *et al.* 2011).

Actualmente no sólo se aprende Ciencia en las distintas instituciones educativas sino que los alumnos y alumnas también reciben información, no siempre correcta, mediante los medios de comunicación en masa. Esto hace que el aprendizaje científico de nuestros alumnos no sea controlado ni homogéneo, provocando serios problemas en ellos a la hora de aprender los nuevos contenidos curriculares en sus centros, ya que los contenidos previos pueden no ser los adecuados para que su aprendizaje se produzca de forma satisfactoria, dificultando de este modo la labor del docente.

Es cuanto menos difícil, por ejemplo, hacer comprender al alumnado que para que pueda darse la propagación del sonido es necesario un medio material cuando han oído bombazos entre las naves espaciales de diferentes películas, como es la Guerra de las Galaxias (Cañal *et al.* 2011).

Uno de los medios en masa que más daño produce a este respecto es la publicidad, debido a que ésta tiene una gran influencia en el público, modelando sus opiniones e incluso creando en él hábitos de comportamiento. En la publicidad se hace referencia a la ciencia en numerosas ocasiones, invocándola como fuente de autoridad (dando en varias ocasiones la impresión errónea de que la ciencia es algo exacto) o haciendo un

uso inadecuado del lenguaje o del conocimiento científico (Campanario *et al.* 2001). De esta forma, el alumnado puede traer a clase conocimientos científicos equivocados si, por ejemplo, ha escuchado que existe una crema anticelulítica que contiene una “molécula devora-grasa”.

Por otro lado la formación del profesorado, a veces, no es la adecuada, ya que durante su formación no fueron informados correctamente o lo hicieron de un modo que les conducía a llegar a conclusiones inadecuadas sobre ciencia y el trabajo de los científicos. Debido a este error producido a lo largo del aprendizaje científico de los profesores actuales los conocimientos que transmiten a sus alumnos serán erróneos (Sequeiros, 1994; Campanario *et al.* 2001; Fernández *et al.* 2002; Pro, 2003). Actualmente, gracias al gran desarrollo tecnológico, los docentes cuentan con una “ayuda extra”, ya que Internet les brinda diferentes oportunidades para corregir dichos errores y para reciclarse de forma constantes mediante, por ejemplo, gran variedad de asociaciones entre docentes por la red.

La formación del profesorado está directamente influenciada por sus modelos didácticos personales, en los que aparecen gran número de concepciones muy arraigadas, siendo estas, por lo tanto, resistentes al cambio. Esta oposición al cambio puede estar ocasionada por otras causas diferentes, como son (Jiménez y Wamba, 2003):

- Las rutinas adoptadas por los docentes a lo largo de su experiencia, las cuales pueden incluso contener acciones contradictorias que no permitan la consecución de los objetivos planteados por los profesores.
- La satisfacción que encuentran los enseñantes en sus modelos didácticos.
- La no disposición de nuevas estrategias que mejoren la enseñanza real.
- Reforzamiento de los modelos tradicionales por parte del sistema educativo.

Esta incapacidad para el cambio no permite la adaptación real de la enseñanza a las nuevas reformas.

Uno de los mayores problemas existentes en la Educación, en general, es la falta de consenso entre los distintos partidos políticos, ya que parece que el objetivo principal no es el de conseguir calidad a nivel educativo sino el de realizar cambios en las reformas llevadas a cabo por el gobierno anterior. Cambios tan significativos realizados en el Sistema Educativo dificultan de manera importante la labor del profesor (y el aprendizaje por parte del alumnado).

Según Cañal (2011) existe una crisis en la enseñanza de las ciencias que tiene como principal indicador la percepción negativa de los estudiantes sobre la educación científica, quienes la consideran como «irrelevante y difícil». Esta percepción sería el resultado de los siguientes problemas:

- Inexistencia de una conexión entre lo que se enseña en el aula y las demandas sociales y tecnológicas.
- Sobrecarga y falta de actualidad de los programas curriculares. Los contenidos son demasiado extensos y pertenecen al siglo XIX.
- Falta de apoyo en la observación y la experimentación a la hora de enseñar.

La crisis actual a la que nos estamos enfrentando ha conllevado a una serie de recortes que disminuyen enormemente las posibilidades educativas en España, haciendo que la Educación sufra un retroceso en lugar de un avance.

Además de todos los problemas ya comentados existe otro de gran importancia: la falta de relación entre el Currículo oficial y la realidad en las aulas. Los expertos que elaboran los Currículos están vinculados con la vida política en lugar de con la enseñanza, por lo que nunca han llevado a la práctica lo que exponen en su teoría, al no hacerlo no pueden ser conscientes de los problemas que pueden acarrear dichas medidas, ni saber si son o no eficaces o útiles. Esto plantea un grave problema en las aulas.

### 3. FUTURO.

Con el fin de que el proceso de enseñanza-aprendizaje se dé de manera exitosa debería de intentarse solventar los problemas comentados en el apartado anterior.

Para poder llevar a cabo la consecución del aprendizaje en competencias, que ha de enseñarse según el currículo, deberían de adoptarse decisiones exigentes (Cañal *et al.* 2011):

- Ha de eliminarse de los programas oficiales los conocimientos que no cumplan algunas de las condiciones necesarias para llevar a cabo tal aprendizaje.
- Han de realizarse importantes cambios en el qué y el cómo enseñar.
- Ha de ir acompañado de un conjunto de decisiones de las administraciones centrales y autonómicas sobre los programas oficiales, los criterios de evaluación, etc. de modo que faciliten la labor del profesor.

Otro problema que dificulta el desarrollo de esta Didáctica es la complejidad de reproducir en un laboratorio escolar los fenómenos geológicos naturales, algo que también ocurre, en menor grado, con la Biología pero no sucede en otras ciencias como la química o la física, lo que dificulta en gran medida la labor de enseñanza-aprendizaje, ya que el alumnado es incapaz de superar las concepciones estáticas que mantienen

### III. DIDÁCTICA DE LA GEOLOGÍA.

Bien podría catalogarse a la Geología como ciencia “nueva”, ya que ha constituido un punto de desencuentro entre geólogos, filósofos y teólogos, lo que ha influido de forma negativa en su avance.

Hasta hace poco las ideas creacionistas imperaban sobre el resto, predominando por lo tanto las ideas catastrofistas y uniformistas, siendo cuanto menos difícil conseguir que la Geología progresara. En los siglos XVII y XVIII se propusieron los primeros

modelos de la Tierra pero no fue hasta finales del siglo XVII y principios del siglo XIX cuando aparecieron argumentos científicos que pudieran contrastar las hipótesis predominantes, gracias a Hutton, Lyell y Darwin, entre otros (Sequeiros & Anguita, 2003).

Desde finales de los 70 hasta principios del siglo XXI se ha dado un gran avance tecnológico que ha propiciado el desarrollo de nuevos métodos de observación y medida teniendo como resultado gran número de nuevos saberes en el campo de la Geología (Sequeiros & Anguita, 2003).

Desde los años 70 la Didáctica de las Ciencias se ha ido desarrollando de forma satisfactoria hasta constituir una verdadera disciplina. Sin embargo, la Geología no se ha visto favorecida por este avance en investigaciones e innovaciones didácticas, estando en desventaja con otras ciencias (Sequeiros, 1994). Hasta finales de los años 80 no se comienzan a realizar investigaciones didácticas en Didáctica de la Geología en nuestro país (Granda, 1988).

## **5. CONCLUSIONES.**

El trabajo realizado conduce a una serie de conclusiones que se exponen a continuación:

- La alfabetización científica es necesaria en la Sociedad actual. Es imposible conseguir que una Sociedad sea competente si los miembros que la componen no lo son. Para que dichos miembros lleguen a alcanzar tal objetivo han de manejar conocimientos de diversos campos, entre los que sin duda se encuentra la Ciencia. El avance tanto a nivel nacional como internacional requiere la existencia de una ciudadanía competente científicamente, ya que el progreso está íntimamente asociado con la Ciencia.

- 
- Aparte de una alfabetización científica, el docente debe de enseñar un conjunto de valores que permitan, entre otras cosas, que el alumnado alcance un enfoque sostenible con respecto al ambiente que nos rodea.
  - El desarrollo científico se realiza gracias al avance tecnológico, y viceversa. Por lo tanto, el alumnado debe de estar al corriente de la tecnología más novedosa con respecto a la Ciencia que se le enseña en el aula.
  - El tema que nos ocupa tiene como contexto la Didáctica de las Ciencias, cuya evolución puede resumirse en las siguientes etapas: adisciplinar, tecnológica, protodisciplinar, emergente y disciplina consolidada.
  - Tras el uso de diversos modelos de aprendizaje que no condujeron a una mejora en la labor del docente, aunque sí ayudaron al progreso en la Didáctica, actualmente se tiende a seguir un modelo de aprendizaje constructivista, en el que las operaciones mentales del alumnado cobran gran interés.
  - El objetivo de la Didáctica de las Ciencias ya no se basa en la adquisición de contenidos si no de competencias (aunque en el Currículo de Bachillerato no se hable de forma explícita acerca sobre ello, sí se hace de forma implícita). Como resultado se ponen en práctica los contenidos adquiridos en la clase.
  - Para adquirir la competencia científica se ha de capacitar científicamente al alumnado de forma conceptual, metodológica, actitudinal e integrada.
  - No se puede capacitar al alumnado con una competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico sin hacerle comprender por qué la parte geológica del ambiente físico que les rodea, tanto a gran escala como en el nivel más inmediato, es como es y no de otro modo, por qué se ha modificado y cómo lo ha hecho.
  - Uno de los puntos más importantes para la consecución de la competencia científica es favorecer en clase la relación Ciencia-Tecnología-Sociedad. Esta

relación es importante porque, entre otras cosas, el alumnado es capaz de comprender la utilidad real de la teoría que se les enseña en las aulas. De este modo la Ciencia cobra para ellos otro sentido, haciendo que el interés hacia ella aumente. También es importante porque esta relación permite obtener como resultado una ciudadanía más competente, que domina no sólo la teoría, sino además los últimos avances tecnológicos y sus usos en la Sociedad.

- El docente debe enseñar Ciencia desde un punto de vista integrador, es decir, debe enseñar a sus alumnos y alumnas que todas las ciencias están relacionadas, formando un único cuerpo. De no ser así, el alumnado tiende a individualizar las distintas ciencias, siendo incapaces de relacionarlas y de comprender, por ejemplo, que la biología influye en la geología, y viceversa.
- La Didáctica de las Ciencias se enfrenta a una serie de problemas que dificultan el proceso de enseñanza-aprendizaje:
  - Ideas preconcebidas del alumnado que son erróneas (medios de comunicación en masa, mala formación de los docentes, fallo en el proceso de enseñanza-aprendizaje...).
  - Formación deficitaria o equivocada del docente, así como actitud de oposición al cambio.
  - Crisis reflejada en la falta de interés debida, entre otras cosas, a la sobrecarga y falta de actualidad del currículo, falta de relación entre los contenidos curriculares, la Tecnología y la Sociedad, falta de apoyo en la observación y la experimentación a la hora de enseñar.
  - Inexistencia de una relación entre el Currículo y la realidad en el aula.
  - Falta de consenso entre los partidos políticos.
  - Crisis económica actual.
- El Futuro de la Didáctica de las Ciencias depende del grado en el que se solucionen los problemas comentados en el punto anterior.

- La Didáctica de la Geología es una Didáctica reciente debido a que la Geología es una ciencia nueva, por lo que aún la queda mucho por hacer.

## 5. BIBLIOGRAFÍA.

- ADÚRIZ-BRAVO, A. e IZQUIERDO, M. (2002). “Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma”. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1 (3), pp. 130-140.
- CAMPANARIO, J.M., MOYA, A. y OTERO, J (2001). “Innovaciones y usos inadecuados de la ciencia en publicidad”. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), pp. 45-56.
- CAÑAL, P. (1990). “La enseñanza en el campo conceptual de la nutrición de las plantas verdes: un estudio didáctico en la educación básica”. Director: Daniel Gil Pérez. Universidad de Sevilla. Departamento de Didáctica de las Ciencias.
- CAÑAL, P et al. (2011). “Didáctica de la Biología y la Geología”. Editorial Graó. 1ª edición Marzo 2011. ISBN: 978-84-9980-047-9.
- CONTRERAS, J. (1996). “Teoría y práctica docente”. *Cuadernos de pedagogía*. 253, pp. 92-100.
- EURYDICE (2003). “Las competencias clave. Un concepto en expansión en la educación general obligatoria”.
- FERNÁNDEZ, I. et al. (2002). “Visiones deformadas de la Ciencia transmitidas por la enseñanza”. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), pp. 477-488.
- FURIÓ, C. J. y GIL, D. (1989). “La didáctica de las ciencias en la formación inicial del profesorado: una orientación y un programa teóricamente fundamentados”. *Enseñanza de las Ciencias*, 7 (3), pp. 257-265.
- FURIÓ, C. J. (1994). “Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias”. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pp. 188-199.
- GANDARA, M. (1992). “La investigación en enseñanza de las ciencias en España”. *Rvta. Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 14, pp. 19-26.
- GIL, D. (1994). “Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas. Enseñanza de las Ciencias”, 12 (2), pp. 154-164.

- GRANDA, A. (1988). “Esquemas conceptuales previos de los alumnos de Geología”. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), pp. 239-243.
- JIMÉNEZ, R. y WAMBA, A.M. (2003). “¿Es posible el cambio en los modelos didácticos personales?: Obstáculos en profesores de Ciencias Naturales de Educación Secundaria”. *Rvta. Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 46, pp. 113-131.
- MARÍN, N. (2003). “Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias”. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), pp. 65-78.
- MOREIRA, M. A. (2004). “Investigación básica en educación en ciencias: una visión personal”. *Revista chilena de Educación Científica*, 3 (1), pp. 10-17.
- PÉREZ, A. I. y GIMENO, J. (1988). “Pensamiento y acción en el profesor: de los estudios sobre la planificación al pensamiento práctico”. *Infancia y aprendizaje*, 42, pp. 37-63.
- PORLÁN, R. (1998). “Pasado, presente y futuro de la Didáctica de las Ciencias”. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 175-185.
- PRO, A. de (2003). “La construcción del conocimiento científico y los contenidos de ciencias”. *Enseñar Ciencias* (pp. 33-54). Barcelona: Graó.
- SEQUEIROS, L. (1994). “La formación del profesorado de Geología: nuevas tareas y nuevos saberes”. *Enseñanza de las Ciencias de las Tierras*, (2.2 y 2.3), pp. 318-325.
- SEQUEIROS, L. y ANGUITA, F. (2003). “Nuevos saberes y nuevos paradigmas en Geología: Historia de las nuevas propuestas en las Ciencias de la Tierra en España entre 1978 y 2003”. *Llull*, 26, pp. 279-307.
- WCEFA (1990). World Declaration on Education for All and framework for action to meet basic learning needs. Nueva York.

# ANEXOS.

## **ANEXO I. Ejemplo de actividades que fomenten u obtengan la relación entre Ciencia, Tecnología y Sociedad en el aula.**

El nivel de estas actividades es general, es decir, su complejidad aumentaría o disminuiría con relación al curso en el que se desarrollasen.

No se llevarían a cabo todas ellas al completo, se elegirían dependiendo del tiempo disponible, del nivel, de las alumnas y los alumnos en cuestión...

### **ACTIVIDAD 1. Conozcamos los métodos de análisis en rocas y minerales.**

Esta actividad está dividida en dos partes, de las cuales la primera tiene dos apartados. Su desarrollo se lleva a cabo en tres sesiones. Dos de ellas se realizan en el laboratorio y la última fuera del Centro.

**Parte 1.** Acercamiento al “Modelo de análisis clásico”. El objetivo es el de que el alumnado lleve a la práctica en el laboratorio un modelo simplificado de lo que ocurre en la realidad.

- A. *Análisis de las propiedades físicas*. Los alumnos se dividen en grupos de 3 o 4 personas y cada grupo recibe una roca o mineral numerada, junto con una tabla en la que aparezcan las principales propiedades físicas de las rocas y los minerales, y otra que han de ir rellenado con lo que ellos vayan observando al analizar su muestra.
  
- B. *Análisis de las propiedades químicas*. Para realizar esta parte se necesita un juego que haga las veces del análisis químico que se realizaría en el laboratorio.

Cada grupo recibe un juego que, dependiendo de la muestra que tengan, contiene una simulación del protocolo que se realizaría en el laboratorio (Fig.

1) y una tabla que han de ir completando con los resultados obtenidos en el juego para identificar su muestra (Fig. 2).

La fabricación del juego es sencilla, simplemente consta de un circuito que el mismo profesor o profesora puede fabricar. Habrá el mismo protocolo para las distintas muestras, y cada circuito será fiel a los resultados que obtendrían esas muestras en cada experimento. Por lo tanto, el grupo de alumnos debe probar los distintos protocolos que pertenecen a su muestra. Para hacerlo han de poner en contacto la reacción que se esté llevando a cabo según el protocolo con los posibles resultados obtenidos. Si la opción elegida no es la correcta no ocurrirá nada, en cambio si lo es, la bombilla lucirá. Irán anotando los resultados que obtenidos con su muestra en los distintos experimentos en una tabla (Fig. 2), comparándolos al finalizar todos los experimentos posibles con un informe que se les entregue sobre los resultados reales que obtiene cada muestra en cada experimento, consiguiendo de este modo identificar su muestra.

<b>MUESTRA 1</b>		
		
<b>REACCIÓN</b>		<b>RESULTADO</b>
● Reactivo 1 (HNO <sub>3</sub> )	→	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cobre y aluminio</li> <li>● Hierro y aluminio</li> <li>● Hierro y cobre</li> </ul>
● Reactivo 2 (NH <sub>4</sub> OH)	→	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Rojo</li> <li>● Azul</li> <li>● Naranja</li> </ul> <p style="text-align: right;">+ A y B</p>
<hr/>		
<b>Ruta A</b>		
● Reactivo 3 (KCN)	→	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Amarillo-verdoso</li> <li>● Azul de Prusia</li> <li>● Incoloro</li> </ul>
<hr/>		
<b>Ruta B</b>		
● Reactivo 4 (HCl)	→	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Amarillo</li> <li>● Blanquecino</li> <li>● Rojo</li> </ul>
● Reactivo 5 (KSCN)	→	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Rosa</li> <li>● Incoloro</li> <li>● Rojo intenso</li> </ul>

Fig 1. Juego que simplifica el protocolo seguido para el análisis químico de la calcopirita (Vía húmeda).

<i><b>MUESTRA 1</b></i>	
<b>REACCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>
<i>Nombre de la muestra analizada:</i>	

Fig. 2. Tabla a rellenar con los resultados del juego.

**Parte 2.** Acercamiento a un “Modelo alternativo”. El objetivo de esta segunda parte es el de que los alumnos y alumnas conozcan otros métodos de análisis novedosos y de gran utilidad. Para conseguirlo el curso realizaría una excursión a uno de estos laboratorios avanzados, que cuenten con esta tecnología tan avanzada. Una vez allí podrán ver los distintos instrumentos de análisis, su funcionamiento y sus aplicaciones.

**ACTIVIDAD 2. ¡Da tu opinión!**

En esta actividad se pretende conseguir un debate entre distintos Centros. Para lograrlo el profesor ha de encontrar un Centro que esté dispuesto a abrir con ellos un foro de debate. Ambos profesores, de forma alternativa, lanzarían una cuestión que el alumnado deba debatir.

**ACTIVIDAD 3. Investiguemos juntos.**

La clase queda dividida en grupos de 3 y cada grupo elige un tema de los que aparecen en la siguiente lista. El objetivo de esta actividad es que los alumnos y las alumnas investiguen por su cuenta ciertos temas relacionados con el tema que están aprendiendo en clase y después lo compartan con sus compañeros. No se trata de que el

alumando profundice demasiado en cada tema, sino de que conozcan sobre que trata y sean capaces de explicárselo a sus compañeros. De este modo, comprobarán que los conceptos estudiados en clase no son simple teoría que aprender, sino que gracias al conocimiento de los mismos se están llevando a cabo diferentes investigaciones y aplicaciones en la actualidad, o que conozcan algunos de los problemas que repercuten en nuestra sociedad.

- El “mal de las piedras”.
- Biorremediación.
- Alteración bioquímica producida por los microorganismos en Río Tinto.
- Aplicaciones de la espectrometría Raman en el campo de la Geología.
- Clases de laboratorio utilizados para el análisis de muestras geológicas en nuestra Sociedad actual. Diferencias entre los mismos.
- Biomineralización.
- Recursos minerales críticos. Soluciones actuales.

#### **ACTIVIDAD 4. Informa a tus compañer@s.**

Esta actividad, al igual que la anterior, trata de que las alumnas y los alumnos investiguen acerca de las aplicaciones que se le da hoy en día a la teoría que están aprendiendo en clase. El alumnado, formando grupos o individualmente, elige un tema sobre el que investiga, compartiendo sus hallazgos más tarde con el resto de sus compañeros y compañeras.

#### **ACTIVIDAD 5. ¡Busca tu propia aplicación!**

Con esta actividad se pretende, aparte de conseguir los objetivos generales de las actividades comentadas hasta el momento, que el alumnado dé rienda suelta a su imaginación, siendo creativo. Para lograrlo se les da información sobre diferentes instrumentos, organismos... información que deben utilizar para buscar una utilidad en el medio o en la Sociedad para esos objetos o seres vivos de los que se les hable. Por ejemplo:

- Espectrómetro Raman: es una herramienta capaz de analizar la composición química de cualquier muestra de forma rápida, eficaz y no destructiva. También se poseen espectrómetros remotos que permiten realizar dicho análisis en cualquier lugar.

#### **ACTIVIDAD 6. Cazas del tesoro y WebQuest.**

Gracias a estas herramientas los alumnos y las alumnas pueden informarse acerca de todo aquello que los profesores deseen, de una forma más atractiva y sencilla.

**ANEXO II. Contenidos y objetivos para Educación Secundaria Obligatoria según R.D. 1631/2006 y D. 52/2007.**

**MATERIA DE CIENCIAS DE LA NATURALEZA.**

*Objetivos*

La enseñanza de las Ciencias de la naturaleza en esta etapa tendrá como finalidad el desarrollo de las siguientes capacidades:

1. Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de las ciencias de la naturaleza para interpretar los fenómenos naturales, así como para analizar y valorar las repercusiones de desarrollos tecnocientíficos y sus aplicaciones.

2. Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias, tales como la discusión del interés de los problemas planteados, la formulación de hipótesis, la elaboración de estrategias de resolución y de diseños experimentales, el análisis de resultados, la consideración de aplicaciones y repercusiones del estudio realizado y la búsqueda de coherencia global.

3. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad, interpretar diagramas, gráficas, tablas y expresiones matemáticas elementales, así como comunicar a otros argumentaciones y explicaciones en el ámbito de la ciencia.

4. Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación, y emplearla, valorando su contenido, para fundamentar y orientar trabajos sobre temas científicos.

5. Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas y tecnológicas.

6. Desarrollar actitudes y hábitos favorables a la promoción de la salud personal y comunitaria, facilitando estrategias que permitan hacer frente a los riesgos de la sociedad actual en aspectos relacionados con la alimentación, el consumo, las drogodependencias y la sexualidad.

7. Comprender la importancia de utilizar los conocimientos de las ciencias de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que nos enfrentamos.

8. Conocer y valorar las interacciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad y el medio ambiente, con atención particular a los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y la necesidad de búsqueda y aplicación de soluciones, sujetas al principio de precaución, para avanzar hacia un futuro sostenible.

9. Reconocer el carácter tentativo y creativo de las ciencias de la naturaleza, así como sus aportaciones al pensamiento humano a lo largo de la historia, apreciando los grandes debates superadores de dogmatismos y las revoluciones científicas que han marcado la evolución cultural de la humanidad y sus condiciones de vida.

### **Primer curso**

#### ***Contenidos***

Bloque 1. Contenidos comunes.

Familiarización con las características básicas del trabajo científico, por medio de: planteamiento de problemas, discusión de su interés, formulación de conjeturas, experimentación, etc., para comprender mejor los fenómenos naturales y resolver los problemas que su estudio plantea.

Utilización de los medios de comunicación y las tecnologías de la información para seleccionar información sobre el medio natural.

Interpretación de datos e informaciones sobre la naturaleza y utilización de dicha información para conocerla.

Reconocimiento del papel del conocimiento científico en el desarrollo tecnológico y en la vida de las personas.

Utilización cuidadosa de los materiales e instrumentos básicos de un laboratorio y respeto por las normas de seguridad en el mismo.

Bloque 2. La Tierra en el Universo.

El Universo y el Sistema Solar.

El Universo, estrellas y galaxias, Vía Láctea, Sistema Solar.

La Tierra como planeta. Los fenómenos naturales relacionados con el movimiento de los astros: estaciones, día y noche, eclipses.

Utilización de técnicas de orientación. Observación del cielo diurno y nocturno.

El lugar de la Tierra en el Universo: el paso del geocentrismo al heliocentrismo como primera y gran revolución científica.

La materia en el Universo.

Propiedades generales de la materia.

Estados en los que se presenta la materia en el universo y sus características.  
Cambios de estado.

Reconocimiento de situaciones y realización de experiencias sencillas en las que se manifiesten las propiedades generales de sólidos, líquidos y gases.

Identificación de mezclas y sustancias. Ejemplos de materiales de interés y su utilización en la vida cotidiana.

Utilización de técnicas de separación de sustancias.

Un Universo formado por los mismos elementos.

Bloque 3. Materiales terrestres.

La atmósfera.

Caracterización de la composición y propiedades de la atmósfera. Importancia del debate que llevó a establecer su existencia contra las apariencias y la creencia en el «horror al vacío».

Fenómenos atmosféricos. Variables que condicionan el tiempo atmosférico.  
Distinción entre tiempo y clima.

Manejo de instrumentos para medir la temperatura, la presión, la velocidad y la humedad del aire.

Reconocimiento del papel protector de la atmósfera, de la importancia del aire para los seres vivos y para la salud humana, y de la necesidad de contribuir a su cuidado.

La hidrosfera.

La importancia del agua en el clima, en la configuración del paisaje y en los seres vivos.

Estudio experimental de las propiedades del agua.

El agua en la Tierra en sus formas líquida, sólida y gaseosa.

El ciclo del agua en la Tierra y su relación con el Sol como fuente de energía.

Reservas de agua dulce en la Tierra: importancia de su conservación.

La contaminación, depuración y cuidado del agua. Agua y salud.

La esfera.

Diversidad de rocas y minerales y características que permiten identificarlos.

Importancia y utilidad de los minerales.

Observación y descripción de las rocas más frecuentes.

Utilización de claves sencillas para identificar minerales y rocas.

Importancia y utilidad de las rocas. Explotación de minerales y rocas.

Introducción a la estructura interna de la Tierra.

Bloque 4. Los seres vivos y su diversidad.

Factores que hacen posible la vida en la Tierra.

Características de los seres vivos. Interpretación de sus funciones vitales.

El descubrimiento de la célula. Introducción al estudio de la biodiversidad. La clasificación de los seres vivos: los cinco reinos (móneras, protoctistas, hongos, plantas, animales).

Utilización de claves sencillas de identificación de seres vivos.

Los fósiles y la historia de la vida.

Utilización de la lupa y el microscopio óptico para la observación y descripción de organismos unicelulares, plantas y animales.

Valoración de la importancia de mantener la diversidad de los seres vivos. Análisis de los problemas asociados a su pérdida.

## **Segundo curso**

### ***Contenidos***

Bloque 1. Contenidos comunes.

Familiarización con las características básicas del trabajo científico, por medio de: planteamiento de problemas, discusión de su interés, formulación de conjeturas, diseños experimentales, etc., para comprender mejor los fenómenos naturales y resolver los problemas que su estudio plantea.

Utilización de los medios de comunicación y las tecnologías de la información y la comunicación para obtener información sobre los fenómenos naturales.

Interpretación de información de carácter científico y utilización de dicha información para formarse una opinión propia y expresarse adecuadamente.

Reconocimiento de la importancia del conocimiento científico para tomar decisiones sobre los objetos y sobre uno mismo.

Utilización correcta de los materiales e instrumentos básicos de un laboratorio y respeto por las normas de seguridad en el mismo.

Bloque 2. Materia y energía.

La energía en los sistemas materiales.

La energía como concepto fundamental para el estudio de los cambios. Valoración del papel de la energía en nuestras vidas.

Análisis y valoración de las diferentes fuentes de energía, renovables y no renovables.

Problemas asociados a la obtención, transporte y utilización de la energía.

Toma de conciencia de la importancia del ahorro energético.

Bloque 3. Transferencia de energía.

Calor y temperatura.

El calor como agente productor de cambios. Distinción entre calor y temperatura.

Reconocimiento de situaciones y realización de experiencias sencillas en las que se manifiesten los efectos del calor sobre los cuerpos.

Interpretación del calor como forma de transferencia de energía.

Valoración de las aplicaciones de la utilización práctica del calor.

Luz y sonido.

Luz y visión: los objetos como fuentes secundarias de luz.

Propagación rectilínea de la luz en todas direcciones. Reconocimiento de situaciones y realización de experiencias sencillas para ponerla de manifiesto. Sombras y eclipses.

Estudio cualitativo de la reflexión y de la refracción.

Descomposición de la luz: interpretación de los colores.

Sonido y audición. Propagación y reflexión del sonido.

Valoración del problema de la contaminación acústica y lumínica.

Bloque 4. Transformaciones geológicas debidas a la energía interna de la Tierra.

Transferencia de energía en el interior de la Tierra.

Las manifestaciones de la energía interna de la Tierra: erupciones volcánicas y terremotos.

Valoración de los riesgos volcánico y sísmico e importancia de su predicción y prevención.

Identificación de rocas magmáticas y metamórficas y relación entre su textura y su origen.

Manifestaciones de la geodinámica interna en el relieve terrestre.

Bloque 5. La vida en acción.

Las funciones vitales.

La nutrición: obtención y uso de materia y energía por los seres vivos. Nutrición autótrofa y heterótrofa. La importancia de la fotosíntesis en la vida de la Tierra.

La respiración en los seres vivos.

Las funciones de relación: percepción, coordinación y movimiento.

Características de la reproducción sexual y asexual.

Observación y descripción de ciclos vitales en animales y plantas.

Bloque 6. El medio ambiente natural.

Biosfera, ecosfera y ecosistema. Identificación de los componentes de un ecosistema. Influencia de los factores abióticos y bióticos en los ecosistemas.

Ecosistemas acuáticos de agua dulce y marinos. Ecosistemas terrestres: los biomas.

El papel que desempeñan los organismos productores, consumidores y descomponedores en el ecosistema.

Realización de indagaciones sencillas sobre algún ecosistema del entorno.

### **Tercer curso**

#### ***Contenidos***

Bloque 1. Contenidos comunes.

Utilización de estrategias propias del trabajo científico como el planteamiento de problemas y discusión de su interés, la formulación y puesta a prueba de hipótesis y la interpretación de los resultados.

Búsqueda y selección de información de carácter científico utilizando las tecnologías de la información y comunicación y otras fuentes.

Interpretación de información de carácter científico y utilización de dicha información para formarse una opinión propia, expresarse con precisión y argumentar sobre problemas relacionados con la naturaleza.

Valoración de las aportaciones de las ciencias de la naturaleza para dar respuesta a las necesidades de los seres humanos y mejorar las condiciones de su existencia, así como para apreciar y disfrutar de la diversidad natural y cultural, participando en su conservación, protección y mejora.

Utilización correcta de los materiales, sustancias e instrumentos básicos de un laboratorio y respeto por las normas de seguridad en el mismo.

Física y química.

Bloque 2. Diversidad y unidad de estructura de la materia

La naturaleza corpuscular de la materia.

Contribución del estudio de los gases al conocimiento de la estructura de la materia.

Construcción del modelo cinético para explicar las propiedades de los gases.

Utilización del modelo para la interpretación y estudio experimental de las leyes de los gases.

Extrapolación del modelo cinético de los gases a otros estados de la materia.

La teoría atómico-molecular de la materia.

Revisión de los conceptos de mezcla y sustancia. Procedimientos experimentales para determinar si un material es una mezcla o una sustancia. Su importancia en la vida cotidiana.

Sustancias simples y compuestas. Experiencias de separación de sustancias de una mezcla. Distinción entre mezcla y sustancia compuesta. Introducción de conceptos para medir la riqueza de sustancias en mezclas.

La hipótesis atómico-molecular para explicar la diversidad de las sustancias: introducción del concepto de elemento químico.

Bloque 3. Estructura interna de las sustancias.

Propiedades eléctricas de la materia.

Importancia de la contribución del estudio de la electricidad al conocimiento de la estructura de la materia.

Fenómenos eléctricos.

Valoración de las repercusiones de la electricidad en el desarrollo científico y tecnológico y en las condiciones de vida.

Estructura del átomo.

Modelos atómicos de Thomson y de Rutherford.

Caracterización de los isótopos. Importancia de las aplicaciones de las sustancias radiactivas y valoración de las repercusiones de su uso para los seres vivos y el medio ambiente.

Bloque 4. Cambios químicos y sus repercusiones.

Reacciones químicas y su importancia.

Interpretación macroscópica de la reacción química como proceso de transformación de unas sustancias en otras. Realización experimental de algunos cambios químicos.

Descripción del modelo atómico-molecular para explicar las reacciones químicas. Interpretación de la conservación de la masa. Representación simbólica.

Valoración de las repercusiones de la fabricación y uso de materiales y sustancias frecuentes en la vida cotidiana.

## MATERIA DE BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA.

### *Objetivos*

### *Contenidos*

Bloque 1. Contenidos comunes.

Actuación de acuerdo con el proceso de trabajo científico: planteamiento de problemas y discusión de su interés, formulación de hipótesis, estrategias y diseños experimentales, análisis e interpretación y comunicación de resultados.

Búsqueda y selección de información de carácter científico utilizando las tecnologías de la información y comunicación y otras fuentes.

Interpretación de información de carácter científico y utilización de dicha información para formarse una opinión propia, expresarse con precisión y tomar decisiones sobre problemas relacionados con las ciencias de la naturaleza.

Reconocimiento de las relaciones de la biología y la geología con la tecnología, la sociedad y el medio ambiente, considerando las posibles aplicaciones del estudio realizado y sus repercusiones.

Utilización correcta de los materiales e instrumentos básicos de un laboratorio y respeto por las normas de seguridad en el mismo.

Bloque 2. La Tierra, un planeta en continuo cambio.

La historia de la Tierra:

El origen de la Tierra. El tiempo geológico: ideas históricas sobre la edad de la Tierra. Principios y procedimientos que permiten reconstruir su historia. Utilización del actualismo como método de interpretación.

Los fósiles, su importancia como testimonio del pasado. Los primeros seres vivos y su influencia en el planeta.

Las eras geológicas: ubicación de acontecimientos geológicos y biológicos importantes.

Identificación de algunos fósiles característicos.

Reconstrucción elemental de la historia de un territorio a partir de una columna estratigráfica sencilla.

La tectónica de placas y sus manifestaciones:

El problema del origen de las cordilleras: algunas interpretaciones históricas. El ciclo de las rocas.

Pruebas del desplazamiento de los continentes. Distribución de volcanes y terremotos. Las dorsales y el fenómeno de la expansión del fondo oceánico.

Interpretación del modelo dinámico de la estructura interna de la Tierra.

Las placas litosféricas y sus límites. Interacciones entre procesos geológicos internos y externos. Formación de las cordilleras: tipos y procesos geológicos asociados.

La tectónica de placas, una revolución en las Ciencias de la Tierra. Utilización de la tectónica de placas para la interpretación del relieve y de los acontecimientos geológicos.

Valoración de las consecuencias que la dinámica del interior terrestre tiene en la superficie del planeta.

Bloque 3. La evolución de la vida.

La célula, unidad de vida.

La teoría celular y su importancia en Biología. La célula como unidad estructural y funcional de los seres vivos.

Los procesos de división celular. La mitosis y la meiosis. Características diferenciales e importancia biológica de cada una de ellas.

Estudio del ADN: composición, estructura y propiedades. Valoración de su descubrimiento en la evolución posterior de las ciencias biológicas.

Los niveles de organización biológicos. Interés por el mundo microscópico.

Utilización de la teoría celular para interpretar la estructura y el funcionamiento de los seres vivos.

La herencia y la transmisión de los caracteres:

El mendelismo. Resolución de problemas sencillos relacionados con las leyes de Mendel.

Genética humana. La herencia del sexo. La herencia ligada al sexo. Estudio de algunas enfermedades hereditarias.

Aproximación al concepto de gen. El código genético. Las mutaciones.

Ingeniería y manipulación genética: aplicaciones, repercusiones y desafíos más importantes. Los alimentos transgénicos. La clonación. El genoma humano.

Implicaciones ecológicas, sociales y éticas de los avances en biotecnología genética y reproductiva.

Origen y evolución de los seres vivos:

Hipótesis sobre el origen de la vida en la Tierra. Evolución de los seres vivos: teorías fijistas y evolucionistas.

Datos que apoyan la teoría de la evolución de las especies. Reconocimiento de las principales características de fósiles representativos. Aparición y extinción de especies.

Teorías actuales de la evolución. Gradualismo y equilibrio puntuado.

Valoración de la biodiversidad como resultado del proceso evolutivo. El papel de la humanidad en la extinción de especies y sus causas.

Estudio del proceso de la evolución humana.

Bloque 4. Las transformaciones en los ecosistemas.

La dinámica de los ecosistemas:

Análisis de las interacciones existentes en el ecosistema: Las relaciones tróficas. Ciclo de materia y flujo de energía. Identificación de cadenas y redes tróficas en ecosistemas terrestres y acuáticos. Ciclos biogeoquímicos.

Autorregulación del ecosistema: las plagas y la lucha biológica.

Las sucesiones ecológicas. La formación y la destrucción de suelos. Impacto de los incendios forestales e importancia de su prevención.

La modificación de ambientes por los seres vivos y las adaptaciones de los seres vivos al entorno. Los cambios ambientales de la historia de la Tierra.

Cuidado de las condiciones medioambientales y de los seres vivos como parte esencial de la protección del medio natural.

Bloque 5. Las personas y la salud.

Promoción de la salud. Sexualidad y reproducción humanas:

La organización general del cuerpo humano: aparatos y sistemas, órganos, tejidos y células.

La salud y la enfermedad. Los factores determinantes de la salud. La enfermedad y sus tipos. Enfermedades infecciosas.

Sistema inmunitario. Vacunas. El trasplante y donación de células, sangre y órganos.

Higiene y prevención de las enfermedades. Primeros auxilios. Valoración de la importancia de los hábitos saludables.

La reproducción humana. Cambios físicos y psíquicos en la adolescencia. Los aparatos reproductores masculino y femenino.

El ciclo menstrual. Fecundación, embarazo y parto. Análisis de los diferentes métodos anticonceptivos. Las enfermedades de transmisión sexual.

La respuesta sexual humana. Sexo y sexualidad. Salud e higiene sexual.

Alimentación y nutrición humanas:

Las funciones de nutrición. El aparato digestivo. Principales enfermedades.

Alimentación y salud. Análisis de dietas saludables. Hábitos alimenticios saludables. Trastornos de la conducta alimentaria.

Anatomía y fisiología del aparato respiratorio. Higiene y cuidados. Alteraciones más frecuentes.

Anatomía y fisiología del sistema circulatorio. Estilos de vida para una salud cardiovascular.

El aparato excretor: anatomía y fisiología. Prevención de las enfermedades más frecuentes.

Las funciones de relación: percepción, coordinación y movimiento:

La percepción; los órganos de los sentidos; su cuidado e higiene.

La coordinación y el sistema nervioso: organización y función.

El sistema endocrino: las glándulas endocrinas y su funcionamiento. Sus principales alteraciones.

El aparato locomotor. Análisis de las lesiones más frecuentes y su prevención.

Salud mental. Las sustancias adictivas: el tabaco, el alcohol y otras drogas. Problemas asociados. Actitud responsable ante conductas de riesgo para la salud. Influencia del medio social en las conductas.

Bloque 6. Las personas y el medio ambiente.

La actividad humana y el medio ambiente:

Los recursos naturales y sus tipos. Consecuencias ambientales del consumo humano de energía.

Importancia del uso y gestión sostenible de los recursos hídricos. La potabilización y los sistemas de depuración. Utilización de técnicas sencillas para conocer el grado de contaminación y depuración del aire y del agua.

Los residuos y su gestión. Valoración del impacto de la actividad humana en los ecosistemas.

Principales problemas ambientales de la actualidad.

Valoración de la necesidad de cuidar del medio ambiente y adoptar conductas solidarias y respetuosas con él.

Bloque 7. Transformaciones geológicas debidas a la energía externa.

La actividad geológica externa del planeta Tierra:

La energía solar en la Tierra. La atmósfera y su dinámica. Interpretación de mapas del tiempo sencillos. El relieve terrestre y su representación. Los mapas topográficos: lectura.

Alteraciones de las rocas producidas por el aire y el agua. La meteorización.

Los torrentes, ríos y aguas subterráneas como agentes geológicos. La sobreexplotación de acuíferos. La acción geológica del hielo y el viento. Dinámica marina.

La formación de rocas sedimentarias. El origen y utilidad del carbón, del petróleo y del gas natural. Valoración de las consecuencias de su utilización y agotamiento.

**ANEXO III. Objetivos y contenidos para Bachillerato según el RD. 1467/2007, D. 42/2008 y la ORDEN EDU 1061/2008.**

**R.D. 147/2007 y D. 42/2008.**

**MATERIA BIOLOGÍA Y GEOLOGÍA.**

*Objetivos*

1. Conocer los conceptos, teorías y modelos más importantes y generales de la biología y la geología, de forma que permita tener una visión global del campo de conocimiento que abordan y una posible explicación de los fenómenos naturales, aplicando estos conocimientos a situaciones reales y cotidianas.
2. Conocer los datos que se poseen del interior de la Tierra y elaborar con ellos una hipótesis explicativa sobre su composición, su proceso de formación y su dinámica.
3. Reconocer la coherencia que ofrece la teoría de la tectónica de placas y la visión globalizadora y unificadora que propone en la explicación de fenómenos como el desplazamiento de los continentes, la formación de cordilleras y rocas y el dinamismo interno del planeta, así como su contribución a la explicación de la distribución de los seres vivos.
4. Realizar una aproximación a los diversos modelos de organización de los seres vivos, tratando de comprender su estructura y funcionamiento como una posible respuesta a los problemas de supervivencia en un entorno determinado.
5. Entender el funcionamiento de los seres vivos como diferentes estrategias adaptativas al medio ambiente.
6. Comprender la visión explicativa que ofrece la teoría de la evolución a la diversidad de los seres vivos, integrando los acontecimientos puntuales de crisis que señala la geología, para llegar a la propuesta del equilibrio puntuado.
7. Integrar la dimensión social y tecnológica de la biología y la geología, comprendiendo las ventajas y problemas que su desarrollo plantea al medio natural, al ser humano y a la sociedad, para contribuir a la conservación y protección del patrimonio natural.

8. Utilizar con cierta autonomía destrezas de investigación, tanto documentales como experimentales (plantear problemas, formular y contrastar hipótesis, realizar experiencias, etc.), reconociendo el carácter de la ciencia como proceso cambiante y dinámico.

9. Desarrollar actitudes que se asocian al trabajo científico, tales como la búsqueda de información, la capacidad crítica, la necesidad de verificación de los hechos, el cuestionamiento de lo obvio y la apertura ante nuevas ideas, el trabajo en equipo, la aplicación y difusión de los conocimientos, etc., con la ayuda de las tecnologías de la información y la comunicación cuando sea necesario.

### *Contenidos*

#### 1. Origen y estructura de la Tierra:

- Métodos de estudio del interior de la Tierra. Interpretación de los datos proporcionados por los diferentes métodos.
- La estructura interna de la Tierra. Composición de los materiales terrestres.
- Minerales y rocas. Estudio experimental de la formación de cristales. Minerales petrogenéticos.
- Iniciación a las nuevas tecnologías en la investigación del entorno: los Sistemas de Información Geográfica.
- El trabajo de campo: reconocimiento de muestras sobre el terreno.
- El trabajo de laboratorio: análisis físicos y químicos; microscopio petrográfico.

#### 2. Geodinámica interna. La tectónica de placas:

- Placas litosferas: características y límites. Los bordes de las placas: constructivos, transformantes y destructivos. Fenómenos geológicos asociados.
- Conducción y convección del calor interno y sus consecuencias en la dinámica interna de la Tierra.
- Origen y evolución de los océanos y continentes. El ciclo de Wilson. Aspectos unificadores de la teoría de la tectónica de placas.

- Formación y evolución de los magmas. Las rocas magmáticas. Magmatismo y tectónica de placas.
- Metamorfismo. Las rocas metamórficas. Tipos de metamorfismo y tectónica de placas.
- Reconocimiento de las rocas magmáticas y metamórficas más representativas. Utilidad de las rocas ígneas y metamórficas.

### 3. Geodinámica externa e historia de la Tierra:

- Procesos de la geodinámica externa. Ambientes y procesos sedimentarios.
- Las rocas sedimentarias y sus aplicaciones. Reconocimiento de las más representativas.
- Alteración de las rocas y meteorización. Formación del suelo. La importancia de su conservación.
- Interacción entre procesos geológicos internos y externos. El sistema Tierra: una perspectiva global.
- Interpretación de mapas topográficos, cortes y mapas geológicos sencillos.
- Riesgos geológicos. Predicción y prevención.
- Procedimientos que permiten la datación y la reconstrucción el pasado terrestre. El tiempo geológico y su división. Identificación de algunos fósiles característicos.
- Grandes cambios ocurridos en la Tierra. Formación de una atmosfera oxidante. Grandes extinciones. Cambios climáticos.
- Cambios en la corteza terrestre provocados por la acción humana.

### 4. Unidad y diversidad de la vida:

- La diversidad de los seres vivos y el problema de su clasificación. Criterios de clasificación.
- Niveles de organización de los seres vivos. La célula como unidad de vida.
- Características fundamentales de los cinco reinos.
- Histología y organografía vegetal básica.
- Histología y organografía animal básica.

- Observaciones microscópicas de tejidos animales y vegetales y de organismos unicelulares.

#### 5. La biología de las plantas:

- La diversidad en el reino de las plantas: principales grupos taxonómicos. Manejo de tablas dicotómicas sencillas para clasificar plantas.
- El proceso de nutrición en plantas: nutrición autótrofa. La fotosíntesis: estudio experimental de alguno de sus aspectos.
- Las funciones de relación en el mundo vegetal: los tropismos y las nastias. Principales hormonas vegetales. Comprobación experimental de sus efectos.
- La reproducción en las plantas. Reproducción asexual y sexual. Ciclo biológico de las plantas. La intervención humana en la reproducción.
- Principales adaptaciones de las plantas al medio.
- Importancia de las plantas en el mantenimiento de los ecosistemas y en la vida en la Tierra.

#### 6. La biología de los animales:

- La diversidad en el reino animal: principales grupos. Manejo de tablas dicotómicas sencillas para la clasificación de moluscos, artrópodos y vertebrados.
- El proceso de nutrición en los animales: nutrición heterótrofa. Estudio experimental sencillo de algún aspecto de la nutrición animal.
- Los sistemas de coordinación en el reino animal.
- La reproducción en los animales. Reproducción asexual y sexual. Ciclo biológico de los animales.
- Principales adaptaciones de los animales al medio.
- Importancia de la diversidad animal. Animales en peligro de extinción. Acciones para la conservación de la diversidad.

MATERIA DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y MEDIOAMBIENTALES.

*Objetivos.*

1. Comprender el funcionamiento de la Tierra y de los sistemas terrestres y sus interacciones, como fundamento para la interpretación de las repercusiones globales de algunos hechos aparentemente locales y viceversa.
2. Conocer la influencia de los procesos geológicos en el medio ambiente y en la vida humana.
3. Evaluar las posibilidades de utilización de los recursos naturales, incluyendo sus aplicaciones y reconocer la existencia de sus límites, valorando la necesidad de adaptar el uso a la capacidad de renovación.
4. Analizar las causas que dan lugar a riesgos naturales, conocer los impactos derivados de la explotación de los recursos y considerar diversas medidas de prevención y corrección.
5. Investigar científicamente los problemas ambientales, mediante técnicas variadas de tipo fisicoquímico, biológico, geológico y matemático, y reconocer la importancia de los aspectos históricos, sociológicos, económicos y culturales en los estudios sobre el medio ambiente.
6. Utilizar las tecnologías de la información y la comunicación para realizar simulaciones, tratar datos y extraer y utilizar información de diferentes fuentes, evaluar su contenido, fundamentar los trabajos y realizar informes.
7. Promover actitudes favorables hacia el respeto y la protección del medio ambiente, desarrollando la capacidad de valorar las actuaciones sobre el entorno y tomar libremente iniciativas en su defensa.

*Contenidos*

1. Medio ambiente y fuentes de información ambiental:
  - Concepto de medio ambiente. Interdisciplinariedad de las ciencias ambientales. Aproximación a la teoría de sistemas. Realización de modelos sencillos de la estructura

de un sistema ambiental natural. Complejidad y entropía. El medio ambiente como sistema.

- Cambios en el medio ambiente a lo largo de la historia de la Tierra.
- El medio ambiente como recurso para la humanidad.
- Concepto de impacto ambiental. Riesgos naturales e inducidos. Consecuencias de las acciones humanas sobre el medio ambiente.
- Fuentes de información ambiental. Sistemas de determinación de posición por satélite. Fundamentos, tipos y aplicaciones.
- Teledetección: fotografías aéreas, satélites meteorológicos y de información medioambiental. Interpretación de fotos aéreas. Radiometría y sus usos. Programas informáticos de simulación medioambiental.

## 2. Los sistemas fluidos externos y su dinámica:

- La atmosfera: estructura y composición. Actividad reguladora y protectora. Inversiones térmicas. Recursos energéticos relacionados con la atmosfera. Contaminación atmosférica: detección, prevención y corrección. El «agujero» de la capa de ozono. Aumento del efecto invernadero. El cambio climático global.
- La hidrosfera. Masas de agua. El balance hídrico y el ciclo del agua. Recursos hídricos: usos, explotación e impactos. La contaminación hídrica: detección, prevención y corrección de. Determinación en muestras de agua de algunos parámetros químicos y biológicos e interpretación de los resultados en función de su uso.

## 3. La esfera:

- Gestera: estructura y composición. Balance energético de la Tierra.
- Origen de la energía interna. Geodinámica interna. Riesgos volcánico y sísmico: predicción y prevención.
- Geodinámica externa. Sistemas de ladera y sistemas fluviales. Riesgos asociados: predicción y prevención. El relieve como resultado de la interacción entre la dinámica interna y la dinámica externa de la Tierra.

– Recursos de la esfera y sus reservas. Yacimientos minerales. Recursos energéticos. Combustibles fósiles. Energía nuclear. Impactos derivados de la explotación de los recursos.

#### 4. La exosfera:

- El ecosistema: componentes e interacciones. Los biomas terrestres y acuáticos.
- Relaciones tróficas entre los organismos de los ecosistemas. Representación grafica e interpretación de las relaciones tróficas en un ecosistema. Biomasa y producción biológica.
- Los ciclos biogeoquímicos del oxígeno, el carbono, el nitrógeno, el fosforo y el azufre.
- El ecosistema en el tiempo: sucesión, autorregulación y regresión.
- La biosfera como patrimonio y como recurso frágil y limitado. Impactos sobre la biosfera: deforestación y pérdida de biodiversidad.

#### 5. Interfaces:

- El suelo como interface. Composición, estructura y textura. Los procesos edáficos. Tipos de suelos. Reconocimiento experimental de los horizontes del suelo. Suelo, agricultura y alimentación. Erosión, contaminación y degradación de suelos. Desertización. Valoración de la importancia del suelo y los problemas asociados a la desertización.
- El sistema litoral. Formación y morfología costera. Humedales costeros, arrecifes y manglares. Recursos costeros e impactos derivados de su explotación.

#### 6. La gestión del planeta:

- Los principales problemas ambientales. Indicadores para la valoración del estado del planeta. Sostenibilidad.
- Evaluación de impacto ambiental. Manejo de matrices sencillas.
- Ordenación del territorio. Legislación medioambiental. La protección de espacios naturales.

**ORDEN EDU 1061/2008.**

## MATERIA DE GEOLOGÍA

### *Objetivos.*

1. Comprender los principales conceptos de la geología y su articulación en leyes, teorías y modelos, valorando el papel que éstos desempeñan en su desarrollo.
2. Resolver problemas que se les planteen en la vida cotidiana, seleccionando y aplicando los conocimientos geológicos relevantes.
3. Utilizar con autonomía las estrategias características de la investigación científica (plantear problemas, formular y contrastar hipótesis, planificar diseños experimentales, etc.) y los procedimientos propios de la geología, para realizar pequeñas investigaciones y, en general, explorar situaciones y fenómenos desconocidos para ellos.
4. Comprender la naturaleza de la geología y sus limitaciones, así como sus complejas interacciones con la tecnología y la sociedad, valorando la necesidad de trabajar para lograr una mejora de las condiciones de vida actuales.
5. Valorar la información proveniente de diferentes fuentes para formarse una opinión propia que les permita expresarse críticamente sobre problemas actuales relacionados con la geología.
6. Comprender que el desarrollo de la geología supone un proceso cambiante y dinámico, mostrando una actividad flexible y abierta frente a opiniones diversas.

### *Contenidos.*

#### 1. Aproximación al trabajo científico:

- Procedimientos 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.

## 2. Geología, tecnología y sociedad:

- Análisis de la naturaleza de la geología: 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 geología con la tecnología y las implicaciones de ambas en la sociedad. Valoración crítica.
- Influencias mutuas entre la sociedad, la geología y la tecnología. Valoración crítica.

## 3. Materia y energía de la Tierra:

- Calor y temperatura del interior terrestre: su origen y consecuencias. Flujo de energía en la Tierra.
- Gravedad y magnetismo terrestre.
- Estructura de la Tierra. Origen y composición.
- Tipos de materiales geológicos. Aproximación a la comprensión de la naturaleza de la materia mineral. Los minerales más abundantes. Los yacimientos minerales. La transformación de las rocas.

## 4. Los procesos geológicos:

- Tipos de rocas magmáticas. Rocas magmáticas de interés industrial. El magmatismo en la tectónica de placas. Las manifestaciones volcánicas y la vida humana. Las rocas magmáticas en el paisaje.
- El metamorfismo: físico-química del metamorfismo, tipos de metamorfismo y de rocas metamórficas. Rocas metamórficas de interés industrial. El metamorfismo en el contexto de la tectónica de placas. Las rocas metamórficas en el paisaje.

- Diastrofismo: factores de deformación, tipos de deformaciones. La deformación en relación a la tectónica de placas. La influencia de las deformaciones en la vida humana. Las deformaciones en el paisaje.
- La erosión de la superficie terrestre: agentes, modelado del relieve, las rocas y facies sedimentarias. Yacimientos minerales de origen sedimentario.
- El análisis geomorfológico: los sistemas morfoclimáticos templado húmedo y árido. Influencias de la estructura en el modelado del relieve.
- Las manifestaciones de los procesos geológicos internos y externos en otros cuerpos del sistema solar.

#### 5. Historia de la Tierra:

- Series estratigráficas como una vía de identificación de los procesos biológicos y geológicos acontecidos en una región.
- Uniformismo y actualismo. Su aplicación en la reconstrucción de la historia geológica.
- Facies sedimentarias: identificación e interpretación.
- Datación relativa y absoluta: estudio de cortes geológicos.
- Principales acontecimientos en la historia geológica de la Tierra.

#### 6. Geología de España y del entorno regional:

- Los rasgos característicos y básicos de la geología de España: macizo ibérico, montañas circundantes y periféricas, depresiones, islas Baleares e islas Canarias.
- Evolución geológica de España en el marco de la tectónica de placas.