

Tema 67. Momentos claves en la Historia de la Biología y la Geología. La Biología y la Geología españolas en el contexto mundial. Principales áreas de investigación actual. Los relaciones Ciencia - Tecnología - Sociedad en la Biología y Geología.

Se estudio en los siguientes cursos y temas:

E.S.O. Bloque 9. Los cambios en el medio natural. Los seres humanos principales agentes del cambio.
1º Bachillerato. Bloque 5. Origen y evolución de los seres vivos.
2º Bach. Biología. Bloque 2: Biología, tecnología y sociedad
2º Bach. Geología: Bloque 2 Geología, tecnología y sociedad

67.1. Momentos claves en la Historia de la Biología y la Geología

67.1.1. BIOLOGÍA

67.1.2. GEOLOGÍA

67.2. La Biología y la Geología españolas en el contexto mundial

67.2.1. Mundo antiguo

67.2.2. La España medieval

67.2.3. El siglo de Oro y la decadencia

67.2.4. El siglo de la Ilustración

67.2.5. El siglo XIX

67.2.6. Siglo XX

67.3. Principales áreas de investigación actual

67.4. Los relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad en la Biología y Geología

67.1. Momentos claves en la Historia de la Biología y la Geología

Desde los primeros tiempos de la humanidad, el hombre ha sentido curiosidad e interés por el conocimiento de la Tierra, de los animales y plantas que la habitan, de la curación de enfermedades, del conocimiento de los materiales que componen la Tierra, de los fenómenos meteorológicos, etc.

Al revisar tanto la historia de la Biología como la de la Geología se distinguen varias etapas, coincidentes a grandes rasgos con los principales hitos de la historia de la humanidad o con las épocas de cambios importantes

67.1.1. BIOLOGÍA

La etapa de Grecia y de Roma

Esta época se puede decir que se inició unos seiscientos años antes de Cristo cuando en la isla de Cos apreció la primera escuela de medicina. En ella sobresale Hipócrates (460-380 a. de J.C.) quién, frente a los teóricos planteamientos de sus contemporáneos, veía en la enfermedad un proceso natural que había que combatir ayudando a las propias fuerzas curadoras de la Naturaleza.

Hasta esa época el único saber que existía era el popular, salvo en los pueblos egipcios y babilónicos donde, en relación con la medicina y el embalsamamiento de cadáveres, surgieron expertos que consiguieron importantes avances en anatomía y fisiología animal y humana.

En la primitiva medicina griega había tres escuelas principales:

1. La más antigua. la medicina de los templos dedicada a **Esculapio**, el dios de la medicina.
2. **Escuela pitagórica del sur de Italia.**
3. Escuela jónica, más práctica, de **Hipócrates**.

Los textos hipocráticos constituyen las primeras obras médicas griegas, datan del siglo IV a. C. Tenían a la medicina por un arte o técnica más bien que por una ciencia teórica al modo pitagórico, desarrollaran técnicas propias. Fueron ellos los que inventaron la doctrina según la cual el cuerpo humano contiene cuatro humores o jugos, el melancólico, el sanguíneo, el colérico y el flemático, cuya correcta proporción era indispensable para la salud, debiéndose la enfermedad al exceso de alguno de ellos. Al parecer esta teoría se basaba en la observación de que de la sangre se pueden extraer cuatro sustancias: un coágulo oscuro (humor melancólico); fluido rojo (sanguíneo); suero amarillo (colérico) y finalmente se conectaba con la flema.

La personalidad más destacada de la época es sin duda **Aristóteles** (384-322 a. de J.C.), que puede ser considerado como el primer biólogo. Se planteó el concepto de vida, estudio semejanza y diferencias entre distintas especies y realizó la primera clasificación racional, introduciendo términos como animales con sangre y sin sangre (que de hecho equivale a los conceptos de vertebrados e invertebrados). Observó el comportamiento de muchos animales y plantas y cuáles eran su hábitat, sus costumbres, etc. Los ejemplares se los proporcionaba su discípulo Alejandro Magno, procedentes de los países que invadía.

Aristóteles asumió y difundió la ideas de **Empédocles de Agrigento** (490-430 a. de J.C.) de que el mundo estaba formado por cuatro elementos: agua, aire, fuego y tierra. Aristóteles supuso que muchos animales nacían por **generación espontánea** tras la unión de la tierra con el agua e interpretación de una fuerza vital (vitalismo). Para otros seres superiores consideró su nacimiento mediante reproducción sexual (creía que el semen era una secreción del estómago que pasaba al hígado, luego a la sangre y finalmente a los tubos seminíferos).

Dado el indudable valor que Aristóteles alcanzó en la filosofía, su prestigio fue tan grande que durante muchos siglos (2.000 años), no se discutieron casi ninguna de sus afirmaciones en el campo de la Biología.

A la muerte de Alejandro, el centro de la cultura se desplaza a Alejandría. Ptolomeo (general de Alejandro) funda el Museo de Alejandría (323 a.C.). Dotado de una gran biblioteca (medio millón de rollos), zoo, jardines botánicos, observatorio astronómico y salas de disección. Duró unos 600 años.

La escuela de Alejandría decayó en el siglo segundo a.C., la medicina se cobija en Asia menor. **Cratevas** (120-63 a.C.) clasifica y describe plantas de interés medicinal, después **Dioscórides** de Anazarba 50 p.C. escribió su materia médica, una obra sobre drogas y las plantas de las que se obtenían.

Galeno, (129-199 d.C.) el último médico célebre de la antigüedad, diseccionó animales vivos y muertos. Su sistema fisiológico para el hombre, incorpora la doctrina hipocrática de los cuatro humores y las opiniones aristotélicas sobre la naturaleza humana. Técnicamente su sistema era erróneo, sostenía que el corazón era el causante de la respiración y que había dos tipos distintos de sangre, con diferentes funciones, con su motor propio y su particular sistema de distribución. Sus teoría influyeron y dominaron la medicina hasta los tiempos modernos.

Roma constituía una comunidad guerrero-agrícola al modo de Esparta, el menos intelectual de los estados griegos. Por consiguiente, los romanos carecían sobre todo de la perspectiva cuantitativa y espacial del mercader y viajero, lo que les hizo poco duchos en las matemáticas.

No contribuyeron en gran cosa a la ciencia; su contribución se lleva a cabo en otras áreas, en el dominio de la organización, formación de un servicio médico público, construcción de carreteras y acueductos, introducción del calendario juliano y la promulgación del derecho romano que regulaba sus organizaciones.

Adoptaron los contenidos de la ciencia griega pero no su método, por lo que sus obras tendían a ser fundamentalmente filosóficas o empíricas, como la **Historia Natural de Plinio**. Es esta obra, Plinio, no sólo recogía las cosas que había leído, sino las que el mismo había observado; pereció cuando observaba de cerca una erupción del Vesubio. Esta obra compuesta por 37 volúmenes, expone " 20.000 hechos dignos de consideración", y puede considerarse como una puesta a punto completa del conocimiento sobre las ciencias naturales, y tiene una enorme influencia en toda la Edad Media, en ella aborda tanto cuestiones geológicas (minerales, fósiles, explotación mineral, etc.) como biológica.

La Edad Media

Esta época se extiende desde finales del siglo V hasta mediados del siglo XV (1453). En Occidente abarca la invasión y apogeo de los árabes, las guerras entre cristianos y musulmanes y el declive de éstos al final del período. Con la excepción de China y, en menor medida, del mundo árabe, la Edad Media supone un retroceso general en la evolución científica, y que perdurará hasta bien entrado el siglo X.

En China, año 621 d.C., ya se manufacturaba la porcelana. Al final del periodo Thang (año 1000), invención de la pólvora. Armas de fuego 1259 (referencias de Marco Polo en 1237). **Brújula** 1086. Chun Hsi (1131-1220) se dio cuenta que los fósiles eran restos de seres orgánicos. En general la ciencia China combina la especulación con una cierta agudeza observacional. No combinaban teoría con experimentación, dado que los estudiosos consideraban degradante el trabajo práctico. De este modo, las obras de los estudiosos eran notablemente especulativas, mientras que los técnicos eran en gran medida empíricos y ateóricos.

Antes del surgimiento del islam, había elementos educados, por contactos desde antiguo con griegos y romanos, entre los árabes, factor que facilitaría la posterior asimilación musulmana de la ciencia griega. **Rhazes**, (865-925) mas de cien obras, entre ellas "El libro completo", que abarca toda la medicina griega, india y de oriente medio. **Avicena**, (980-1037), tradujo y divulgó a Aristóteles mejora las teorías de Galeno, pero en el aspecto práctico conocían mayor número de drogas. La alquimia surge en el siglo IX con "El místico", siempre mantuvo conexiones con la religión mística y con el arte químico. La fabricación de papel

fue una técnica que los musulmanes tomaron de los chinos, transmitiéndola a occidente. **Maimónides**, (1135-1204), filósofo judío, médico de Saladino criticaba las técnicas de Galeno.

En al-Andalus, califato de Córdoba (910) hubo una biblioteca y academia científica, posteriormente se estableció otra en Toledo. La época más fecunda de la escuela de Traductores de Toledo fue entre 1125 y 1280, época en la que colaboraron estrechamente árabes, judíos y cristianos (Miguel Scot tradujo las obras biológicas de Aristóteles). **Azarquiel**, astrónomo (1029-87) modificó el esquema ptolemaico. Con **Averroes**, (1125-98) y los filósofos de la corriente aristotélica se criticaba mucho el sistema ptolemaico.

En el siglo XI surgieron las Universidades (ver tema anterior). Previo al movimiento escolástico, merece citarse a **san Alberto Magno**, (1206-1280), filósofo y biólogo aristotélico: clasificó plantas según hojas y frutos, escribió una obra sobre animales de 26 tomos, señaló la necesidad de incubación de los huevos de las aves, y desechó la relación entre los "monstruos" y las fuerzas del mal.

En el campo de la experimentación destaca el inglés **Roger Bacon**, (1214-1294), se le puede considerar como el padre de la ciencia experimental, afirmaba que "el razonamiento nada prueba, que todo depende de la experiencia".

Durante el reinado de **Alfonso X el Sabio**, (1252-1284) la cultura clásica acabó de pasar a Occidente. Progresaron los avances científicos, pero los fundamentalistas, defensores de la interpretación literal de la Biblia, dio lugar al enfrentamiento entre la fe y la razón. Guillermo de Ocam propugnaba su separación. El redescubrimiento de la imprenta en 1440 por Gutenberg (los chinos la conocían desde el siglo XI), permitió una difusión más rápida de la cultura.

Los siglos XVI-XVII

Durante el siglo XV el escolasticismo perdió su hegemonía. En el siglo XVI se inició el surgimiento de la medicina. El Renacimiento tuvo su cuna en Italia y fue allí donde surgieron los primeros trabajos serios.

Los siglos XVI y XVII estuvieron influidos por el descubrimiento de América. Las nuevas especies de animales y plantas polarizaron el interés de los naturalistas. Durante el siglo XVI se llevaron a cabo las grandes colecciones y los primeros jardines botánicos que recogieron especies de todo el mundo (en Padua, Pisa y Bolonia, en Oxford y Leyden).

La creación de **sociedades científicas** en distintas naciones contribuyó notablemente al avance y la expansión de los nuevos métodos científicos. En ellas se reunían los naturalistas, se comentaban hipótesis, se daban conferencias, se organizaban viajes y se discutían publicaciones sobre trabajos científicos. Cabe citar la fundada en Roma (1603), a la que perteneció Galileo, autor de la primera "Historia Natural de América" (ver tema anterior). En 1662 Carlos II de Inglaterra funda la "Sociedad Real para el fomento del conocimiento natural", la de Francia se fundó en 1668. También se establecieron en el continente, las alemanas e italianas fueron efímeras, la Sociedad Real de Londres y la Academia de Ciencias de París si lo fueron. En Alemania habría que esperar al XVIII para que se creara una Academia estable.

El filósofo **Francis Bacon**, (1561-1626), fue uno de los primeros en tomar conciencia del significado histórico de la ciencia y de la función que podía desempeñar en la vida de la humanidad; tuvo una gran influencia. Decidió impulsar un movimiento científico, analizando y definiendo la metodología general de las ciencias e indicando de qué modo habrían de aplicarse. El primer requisito para hacer avanzar a las ciencias y las artes era la investigación de nuevos principios, procesos y hechos. Tales principios y hechos podrían derivarse del saber artesanal y de la ciencia experimental, llevarían a nuevas aplicaciones tanto en las artes como en las ciencias.

La concepción baconiana del método científico era esencialmente experimental, cualitativa e inductiva. Otro filósofo que también influyó mucho fue **R. Descartes** (ver tema anterior) autor del "Discurso del método".

Entro los científicos más importantes de la época merecen destacarse:

Paracelso, (1493-1541) definía la alquimia como la ciencia de la transformación de los materiales brutos en los productos acabados y útiles a la humanidad. Rechazó la teoría de los cuatro humores que definían la salud y mantuvo que las enfermedades eran muy específicas en su acción y que para cada enfermedad había una cura química específica.

Las teorías de Paracelso ejercieron gran influencia durante los siglos XVI y XVII, llegando a rivalizar con las de Galeno. Sus obras estaban prohibidas en las universidades.

Leonardo da Vinci, (1452-1519) extendió su curiosidad investigadora a la anatomía y predijo la larga duración de las épocas pasadas. **Andrés Vesalio** (1514-1564) basó sus estudios históricos en la disección de cadáveres e hizo de la ciudad de Padua el centro del progreso científico de la época.

Con **Miguel Servet**, (1511-1553) y **Wilian Harvey**, (1578-1657) entre otros, terminaron de establecer la teoría sobre la circulación de la sangre. Harvey estableció la generalidad de la circulación de la sangre examinando los vasos sanguíneos de unas cuarenta especies de animales, incluyendo gusanos, insectos y peces. Con tales descubrimientos, la mecánica del movimiento de la sangre se estableció finalmente, haciéndose ahora posible que los científicos investigaran a qué finalidad servía la circulación de la sangre. En particular, los químicos podían estudiar ahora cómo se producía el cambio de sangre venosa roja-oscura a la sangre arterial roja-brillante en los pulmones, examinando el significado fisiológico del cambio.

Otros científicos dignos de mención son: **Redi**, (1626-1698) el primero en oponerse a la teoría de la generación espontánea de Aristóteles; los hermanos **Janssen**, que inventaron el microscopio a finales del siglo XVI; **Malpighi**, (1628-1694), que descubrió los capilares sanguíneos (cuya existencia ya había previsto Harvey), los alvéolos pulmonares, la circulación renal (pirámides) y la capa profunda de la epidermis humana (cuerpos de Malpighi; y **Robert Hooke**, (1663-1703), que introdujo el término "célula" al ver el parecido entre un tejido suberoso y las celdas de un panal.

El siglo XVIII

Al siglo XVIII se le llamó **el siglo de las luces**, en él la ciencia fue considerada como la única vía objetiva del conocimiento, lo que en algunas situaciones dio lugar a una especie de culto a la razón. Se impuso la **especialización**, y el latín dejó de ser el vehículo exclusivo del pensamiento científico. Se funda en Filadelfia (USA) la primera Sociedad Científica (1743). Con la Revolución industrial se sustituye la economía agrícola por la del carbón.

A finales del siglo (1789) tuvo lugar la Revolución Francesa en la que la monarquía absoluta fue derrocada por el liberalismo político, del que eran partidarios los científicos más famosos. Este espíritu quedó recogido en la gran Enciclopedia de las artes y de las ciencias de D'Alembert y Diderot. La intervención de científicos en el Gobierno dio origen a la reforma de las enseñanzas y de la investigación. El "mecenas" y el "naturalista aficionado" fueron sustituidos por el profesor universitario.

Van Leeuwenhoek, (1632-1723), descubre los protozoos y observa las bacterias, los glóbulos rojos y los espermatozoides; **T. Needham**, sigue defendiendo la generación espontánea (ver tema anterior); **Spallanzani**, (1729-1799) también continuó las experiencias del anterior.

Con todas las personalidades científicas más destacadas del siglo son Linneo y Buffon (ver apartado 66.3.2) y a los mecanicistas (ver apartado 66.3.3.).

Siglo XIX

Todo el siglo XIX aparece dominado por las teorías y polémicas derivadas de la evolución de los seres vivos (apartado 66.3.3.). No obstante podemos destacar algunos biólogos relevantes:

El histólogo alemán **Schwan**, (1810-1882) y el histólogo vegetal **Schleiden**, (1804-1881) que enunciaron la teoría celular.

El microbiólogo **Pasteur**, (1822-1895), que asestó el golpe definitivo a la teoría de la generación espontánea, descubrió el carácter patógeno de algunos microorganismos, aisló el bacilo del cólera y descubrió la vacuna antirrábica. Posteriormente **Robert Koch**, (1843-1910) aisló el microbio que producía el carbunco, el bacilo de la tuberculosis y el microbio del cólera.

En Fisiología destacó **Claude Bernard**, al que se le considera el fundador. En 1878, el agustino **Gregorio Mendel** publicó sus trabajos sobre las leyes que sigue la herencia biológica. A mediados del siglo XIX aparece el término "Ecología" (**Ernst Haeckel**); también el zoólogo **G. Saint-Hilaire** propuso la denominación de etología.

Siglo XX

Asistimos a una aceleración sin precedentes del progreso científico. El trabajo en equipo, la competencia entre grupos, entre países y entre bloques políticos, la abundantes guerras, la inversión de enormes sumas en investigación militar, sobre todo en países desarrollados, la migración de los científicos europeos y de otros continentes a Estados Unidos de América, la transición de una economía basada en el carbón a otra basada en el petróleo y, en el futuro, basada en la energía atómica, la aparición de grandes desequilibrios ecológicos, la polarización hacia la investigación aplicada (producción de alimentos, insecticidas, hibridación, etc.) y la salud, todos estos rasgos abarcan también la evolución de las ciencias biológicas en la época actual. La sola enumeración de las personalidades científicas que de un modo o de otro han contribuido al auge actual de la Biología desbordaría los límites de éste tema. Consultar el cuadro adjunto. Los * indican el año de la concesión del premio Nobel.

| | |
|-------|---|
| 1900 | De Vries, Correns y Tschermack: Redescubrimiento de las leyes de Mendel |
| 1903 | Bateson y Punnett. Concepto de interacción génica |
| 1904 | Pavlov*. Fisiología de la digestión |
| 1905 | Koch *. Bacilo de la tuberculosis. |
| 1906 | Golgi y Ramón y Cajal *. Trabajos de citología |
| 1911 | Morgan,. Recombinación génica y mapas cromosómicos |
| 1922 | Meyerhof *. Paso del glucógeno a ácido láctico. |
| 1923 | McLod y Banting *. Descubrimiento de la insulina |
| 1924 | Oparin. Hipótesis del origen abiótico de la vida. |
| 1927 | Muller. Efectos mutágenos de los Rayos X. |
| 1929 | Fleming. Descubrimiento de la penicilina. |
| 1930 | Lewis. Hallazgo de los restos fósiles del Ramapithecus. |
| 1933 | Bridges. Cromosomas gigantes en larvas de Drosophila. |
| 1938 | Goldschmidt. Variabilidad de los caracteres hereditarios. |
| 1941 | Beadle y Tatum. Relaciones entre genes y enzimas. |
| 1943 | Walksman. Descubrimiento de la estreptomicina. |
| 1944 | Avery y McCarthy. El ADN es la molécula portadora de la herencia. |
| 1952 | Miller. Obtención de aminoácidos a partir de NH ₃ , CH ₄ y H ₂ . |
| 1953 | Watson y Crick. Estructura de la doble hélice del ADN. |
| 1953. | Krebs*. Ciclo de los ácidos tricarboxílicos. |
| 1954 | Leakey. Descubrimiento de los restos de Zinjanthropus. |
| 1959 | Ochoa *. Descubrimiento de la ARN-polimerasa. |
| 1959 | Kornberg*. Descubrimiento de la ADN-polimerasa. |
| 1961 | Oró. Síntesis en laboratorio de péptidos y pentosas. |
| 1964 | Bloch y Lynen*. Metabolismo de los lípidos. |
| 1965 | Monod y Jacob*. Funcionamiento de los genes, operón. |
| 1967 | Nirenberg y Khorana. Desciframiento del código genético. |
| 1970 | Euler, Axelrod y Katz *. Neurotransmisores y prostaglandinas. |
| 1973 | Lorenz y Frisch *. Trabajos sobre el comportamiento animal. |

| | |
|------|---|
| 1978 | Mitchell*. Teoría quimiosmótica. |
| 1980 | Berg, Sanger y Gilbert*. Expresión génica, ingeniería genética. |
| 1982 | Klug*. Ordenación de los genes en los cromosomas. |
| 1983 | Kelly*. Elementos genéticos móviles. |
| 1984 | Milstein, Köhler y Jerne *. Síntesis de anticuerpos monoclonales. |
| 1985 | Brow y Goldstein*. Metabolismo de la colesterolina, colesterol. |
| 1987 | Tonegawa*. Diversidad de los anticuerpos. |
| 1988 | Deisenhofer, Huber y Michel*. Estructura del centro fotoquímico bacteriano. |
| 1989 | Bishop y Varmus*. Oncogenes. |
| 1989 | Altman y Cech*. Propiedades catalíticas del ARN. |

67.1.2. GEOLOGÍA

La etapa de Grecia y de Roma

No se disponen de muchos datos de la época prerromana; prácticamente sólo de los restos y huellas de los distintos pueblos y civilizaciones que utilizaron los primeros conocimientos geológicos y cuyo interés, en este campo, parece que se centró en tres aspectos fundamentales:

- Búsqueda de materiales ornamentales y de construcción
- Búsqueda de minerales preciosos, causa de numerosos conflictos bélicos.
- Búsqueda de minerales estratégicos: primero Sílex, después cobre, bronce y hierro (Edad de los metales), con técnicas metalúrgicas cada vez más complejas.

Los pueblos antiguos consideraban muchas características y procesos geológicos como la obra de dioses. Observaban el entorno natural con miedo y admiración, como algo peligroso y misterioso. Así, los antiguos sumerios, babilonios y otros pueblos, pese a realizar descubrimientos notables en matemáticas y astronomía, erraban en sus investigaciones geológicas al hacer una simple personificación de los procesos geológicos. Las leyendas irlandesas, por ejemplo, sugerían que los gigantes eran responsables de algunos fenómenos naturales, como la formación por meteorización de las columnas basálticas conocidas ahora como la Calzada de los Gigantes. Estos mitos también eran corrientes en las civilizaciones del Nuevo Mundo; por ejemplo, los pueblos indígenas americanos pensaban que los surcos en los flancos de lo que se llegó a conocer como Torre del Diablo en Wyoming eran las huellas de las garras de un oso gigante. Otras culturas como los mixtecos (México), sostienen en sus tradiciones que sus dioses titulares los guiaron a la zona montañosa de Oaxaca, Guerrero y Puebla, de donde emergieron las primeras dinastías.

Junto a la técnica, de la que quedan algunos indicios y restos (en China en el 1.100 a. de J.C., se explotaban sales por inyección de agua en terreno salinos y subsecuente extracción y evaporación), se desarrolla, paralelamente y con algún retraso, la ciencia.

De modo similar, en la Grecia y Roma antiguas, muchos de los dioses estaban identificados con procesos geológicos. Por ejemplo, las erupciones volcánicas de Sicilia eran atribuidas a Vulcano. Se atribuye al filósofo griego Tales de Mileto, del siglo VI a.C., la primera ruptura con la mitología tradicional. Consideraba los fenómenos geológicos como sucesos naturales y ordenados que pueden ser estudiados a la luz de la razón y no como intervenciones sobrenaturales. El filósofo griego Demócrito hizo progresar esta filosofía con la teoría según la cual toda la materia se componía de átomos. Basándose en esta teoría, ofreció explicaciones racionales de todo tipo de procesos geológicos: los terremotos, las erupciones volcánicas, el ciclo del agua, la erosión y la sedimentación. Sus enseñanzas fueron expuestas por el poeta romano Lucrecio en su poema *De la naturaleza de las cosas*. Hesíodo habla ya de sedimentos, Tales describe las propiedades eléctricas del ámbar, Pitágoras se refiere a tierras emergidas y a fósiles, etc.

También **Aristóteles** explicó diversos fenómenos geológicos. En su libro "Meteorológica" habla del origen de los minerales, de los metales, de los fósiles, de los terremotos, etc. Descubrió en el siglo IV a.C. que las conchas fósiles encajadas en estratos de roca sedimentaria eran similares a las encontradas en las

playas. Con esta observación supuso que las posiciones relativas de la tierra y del mar habían fluctuado en el pasado y comprendió que estos cambios requerirían grandes periodos de tiempo.

Su discípulo **Teofastro**, (siglo III a. de J.C.), publica el primer tratado monográfico de minerales y rocas, describiendo sus características externas, la utilidad de las rocas más usuales, y la localización de los puntos donde se explotaban. Contribuyó al pensamiento geológico escribiendo el primer libro de mineralogía "*De las piedras*", y fue la base de la mayoría de las mineralogías de la edad media y de épocas posteriores.

Euclides de Atenas, (330-260 a. C.) es el matemático más conocido de la antigüedad. Arístarco de Samos (310-230 a.C.) es el primer astrónomo notable, sostenía el movimiento de rotación de la Tierra y giraba alrededor del Sol con una órbita circular (Heliocentrismo).

Erastóstenes de Cirene, (284-192 a.C.) midió el tamaño de la Tierra. Reunió trabajos de sus predecesores desarrollando la idea de que la tierra era un globo con dos polos y un ecuador, y levantó un mapa de la Tierra conocida con líneas de latitud y longitud, separando cinco zonas, dos frías, dos templadas y una tórrida.

Uno de los astrónomos más famosos de la antigüedad fue **Claudio Ptolomeo**, (85-165 d.C.), produjo la obra geográfica más importante de la antigüedad. El de Eratóstenes se extendía hasta el Ganges, mientras que el mapa de Ptolomeo conocía la península Malaya y China.

Los romanos dieron un notable impulso a la minería. Sus legiones incluían equipos de "geólogos" prospectores para localizar materiales de construcción, minerales preciosos (minas de oro de León, de plata en Linares y Cartagena), y otros minerales tanto estratégicos como industriales. Casi todas las regiones mineras de Europa y norte de África fueron descubiertas y explotadas por los romanos (cinabrio de Almadén, piritas de Riotinto, galena de Linares y Cartagena, etc.). A título individual son dignos de mención:

Séneca, (siglo I), en su obra "Cuestiones Naturales", aborda temas diversos sobre la acción erosiva de los ríos, el papel de las aguas subterráneas y los fenómenos meteorológicos; los terremotos y volcanes los explica por movimientos de aire en el interior de la Tierra. También es digno de reseñar el ya citado Plinio.

Por razones de índole práctico los romanos asimilaron con más fortuna la medicina.

La Edad Media

Posteriormente la región occidental se vio sacudida por la invasión de los pueblos bárbaros. Con ello empezó la llamada Edad Media. La región oriental quedó apartada de esta situación de inestabilidad. En las ciudades de Antioquía y Bizancio (hoy Estambul) se concentraron muchos sabios que se llevaron consigo parte de los libros de la Biblioteca de Alejandría. Estas ciudades se convirtieron en un importante foco de la cultura griega.

Alberto el Grande, enseña en la universidad e París y estudia los fósiles de la cuenca parisina. De aquí surge la causa del poco avance de las ciencias geológicas, al explicar que la causa de los fósiles, sólo es debida al Diluvio. No se destacan geólogos dignos de mención, en todo caso cabe citar la realización del primer pozo artesiano en Calais (Francia), explotación de hullas en Inglaterra, Bélgica y Alemania; y el 1476 la determinación de la medida de la declinación magnética.

Los siglos XVI-XVII

Se produce en este período una extensión muy considerable de la minería, y el descubrimiento del microscopio contribuyó también al desarrollo de los estudios geológicos.

El renacimiento marcó el verdadero inicio del estudio de las ciencias de la Tierra; la gente empezó a observar los procesos geológicos mucho más que los griegos clásicos lo hicieron. Si **Leonardo da Vinci** no fuera tan conocido como pintor o ingeniero, lo sería como pionero de la ciencia natural. Se dio cuenta,

por ejemplo, de que los paisajes están esculpidos por fenómenos de erosión, y de que las conchas fósiles de las piedras calizas de los Apeninos eran los restos de organismos marinos que habían vivido en el fondo de un mar antiguo que debía de haber cubierto Italia.

Después de Leonardo, el filósofo naturalista francés **Bernard Palissy** escribió sobre la naturaleza y el estudio científico de los suelos, de las aguas subterráneas y de los fósiles.

Los trabajos clásicos sobre minerales de este periodo fueron escritos, sin embargo, por **Georgius Agricola**, un alemán experto en mineralogía que publicó *De re metallica* (1556) y *De natura fossilium* (1546). Agricola recopiló los desarrollos más recientes de geología, mineralogía, minería y metalurgia de su época; sus trabajos fueron traducidos con profusión.

Niels Stensen, un danés -más conocido por la versión latina de su nombre, **Nicolaus Steno-**, sobresale entre los geocientíficos del siglo XVII. En 1669 demostró que los ángulos interfaciales de los cristales de cuarzo eran constantes, con independencia de la forma y del tamaño de los cristales y que, por extensión, la estructura de otras especies cristalinas también sería constante. Así, al llamar la atención sobre el significado de la forma de los cristales, Steno sentó las bases de la ciencia cristalográfica. Sus observaciones sobre la naturaleza de los estratos de roca le llevaron a formular la ley de la superposición, uno de los principios básicos de la estratigrafía

Siglo XVIII

El pensamiento geológico del siglo XVIII se caracterizó por los debates entre escuelas opuestas. Los **plutonistas**, que proponían que todas las rocas de la Tierra se solidificaron a partir de una masa fundida y que luego fueron alteradas por otros procesos, se oponían a los **neptunistas**, cuyo principal exponente fue el geólogo alemán Abraham Gottlob Werner. **Werner** proponía que la corteza terrestre consistía en una serie de capas derivadas de material sedimentario depositadas en una secuencia regular por un gran océano, como en las capas de una cebolla. Por el contrario, el geólogo escocés **James Hutton** y los plutonistas, como eran llamados sus seguidores, distinguían las rocas sedimentarias de las intrusivas de origen volcánico.

En el siglo XVIII se produce un notable avance en el campo de la Cristalografía (**Romé de L'Isle, Haiiy**); También se formulan las primeras hipótesis magmáticas. **Moro**, (1740) realiza los primeros cortes geológicos; **Piccolli**, (1739) proporciona el primer mapa geológico; se inicia el estudio del tiempo geológico y la geocronología (**Gesner, Celsius, Giraud-Solavie**). **Arduino**, (1778) establece una división en: montañas primarias, secundarias, materiales terciarios y cuaternarios, cuyos términos permanecen en la nomenclatura geológica actual como nombres de eras, con un significado análogo al propuesto por él.

Los franceses **Demarest**, que estudia los principales afloramientos basálticos de Europa, y publica una serie de monografías que marcan el inicio de la Geología volcánica, y **Dolomieu**, quién describe por primera vez rocas volcánicas submarinas, intercaladas entre series fosilíferas.

Hutton, además de sus teorías neptunistas, emite otras teorías e interpretaciones: diferencia claramente entre rocas ígneas y estratificadas; reconoce e interpreta adecuadamente las discordancias angulares; explica los efectos de la consolidación de las rocas, etc.

Con todo, como hemos dicho, lo que domina en el panorama científico de la Geología, durante el siglo XVIII es la polémica desatada entre **neptunistas** y **plutonista**, así como la del **catastrofismo-uniformismo** (ambas recogidas en el apartado 66.3.3.). Se puede decir que la Geología queda estructurada, al abordarse con profundidad la mayoría de los temas fundamentales. Se emiten los principios fundamentales de la Geología, y se establecen las primeras clasificaciones de unidades de rocas, pretendiendo ordenarlas en el tiempo (**Werner**). El mayor desarrollo de la ciencia corresponde a las aportaciones de investigadores ingleses, alemanes, franceses e italianos.

Siglo XIX

A finales del siglo XVIII y principios del XIX, el inglés **W. Smith**, (1729-1839) contribuye al avance de la Geología en dos aspectos fundamentales. Es el autor del primer mapa geológico con una leyenda de términos litológicos ordenados en el tiempo; y del principio de correlación paleontológica (ver apartado 66.3.3.)

Con la publicación de los *Principios de Geología* (1830-1833) de **Charles Lyell**. Nacido en 1797, año de la muerte de Hutton, Lyell se convirtió en la mayor influencia sobre la teoría geológica moderna, atacando con valentía los prejuicios teológicos sobre la edad de la Tierra y rechazando los intentos de interpretación de la geología bajo la luz de las Escrituras.

En las colonias de América del Norte, el conocido topógrafo, delineante y cartógrafo **Lewis Evans** había hecho notables contribuciones al saber geológico de América antes del influyente trabajo de Lyell. Para Evans era evidente que la erosión de los ríos y los depósitos fluviales eran procesos que habían ocurrido en el pasado. Además, a lo largo de su trabajo, apareció el concepto de isostasia: la densidad de la corteza terrestre decrece al crecer su espesor.

Con todo la polémica dominante en este siglo es la derivada de las teorías evolucionistas, ya reseñadas (apartado 66.3.3.). No obstante, merecen señalarse que:

- se levantan numerosos mapas geológicos de distintas regiones,
- se establecen las grandes divisiones del tiempo geológico (eras y sistemas),
- se inician los estudios microscópicos de las rocas, con lo que se empieza a desarrollar la Petrología, se utiliza el microscopio de polarización (Sorby 1858)
- se inician numerosos estudios de Geología Aplicada, glaciares.

En este siglo se funda la mayor parte de las **sociedades geológicas** de los diversos países y comienza la publicación de las principales revistas geológicas. El primer Congreso Geológico Internacional se celebra en 1878, y a partir de entonces tienen lugar periódicamente. La Geología, que al principio del siglo XIX era una ciencia única, hacia finales del mismo se desmembran en una serie de ciencias con metodología y objetivos diferentes.

Junto al trabajo de Lyell, los principales avances de la geología en el siglo XIX fueron las nuevas reacciones contra los conceptos tradicionales, la promoción de la teoría glacial, el inicio de la geomorfología en América, las teorías sobre el crecimiento de las montañas y el desarrollo de la llamada escuela estructuralista (ver más abajo).

❑ **Teoría glacial**

La teoría glacial derivó del trabajo de Lyell, entre otros. Propuesta por primera vez hacia 1840 y aceptada después universalmente, esta teoría enuncia que los depósitos originados por glaciares y planos de hielo se han sucedido en un movimiento lento desde latitudes altas hasta otras más bajas durante el pleistoceno. El naturalista suizo **Horace Bénédict de Saussure** fue uno de los primeros en creer que los glaciares de los Alpes tenían la fuerza suficiente para mover grandes piedras. El naturalista estadounidense de origen suizo **Louis Agassiz** interpretó de forma muy precisa el impacto ambiental de este agente erosivo y de transporte, y junto a sus colegas, acumuló diversas evidencias que apoyaron el concepto del avance y del retroceso de los glaciares continentales y montañosos.

❑ **Estratigrafía**

William Smith hizo progresar la estratigrafía al descubrir los estratos de Inglaterra y representarlos en un mapa geológico que hoy permanece casi inalterado. Smith, en un primer momento, investigó los estratos a lo largo de distancias relativamente cortas; luego, correlacionó unidades estratigráficas del mismo periodo pero con distinto contenido en rocas. Después del desarrollo de la teoría de la evolución de Charles Darwin en el siglo XIX, se pudo llegar al principio de la sucesión de la fauna. Según este principio, la vida en cada periodo de la historia terrestre es única, los restos fósiles son una base para el reconocimiento de los yacimientos que les son contemporáneos y pueden ser usados para reunir fragmentos registrados dispersos en una secuencia cronológica conocida como escala geológica.

❑ *Ciclos de actividad geológica*

Muchos geólogos del siglo XIX comprendieron que la Tierra es un planeta con actividad térmica y dinámica, tanto en su interior como en su **corteza**. Los que eran conocidos como estructuralistas o neocatastrofistas creían que los trastornos catastróficos o estructurales eran responsables de las características topográficas de la Tierra. Así, el geólogo inglés **William Buckland** y sus seguidores postulaban cambios frecuentes del nivel marino y cataclismos en las masas de tierra para explicar las sucesiones y las roturas, o disconformidades, de las secuencias estratigráficas. Por el contrario, Hutton consideraba la historia terrestre en términos de ciclos sucesivos superpuestos de actividad geológica. Llamaba cinturones orogénicos a las cintas largas de rocas plegadas, que se creía que eran resultado de una variedad de ciclos, y orogénesis a la formación de montañas por los procesos de plegamiento y de elevación. Otros geólogos apoyaron más tarde estos conceptos y distinguieron cuatro grandes periodos orogénicos: el huronense (final de la era precámbrica); el caledonio (principio de la era paleozoica); el hercínico (final de la era paleozoica) y el alpino (final del periodo cretácico).

Estudio de campo

La exploración del Medio Oeste (Estados Unidos) en el siglo XIX suministró todo un cuerpo nuevo de datos geológicos que tuvieron un efecto inmediato en la teoría geomorfológica. Las primeras expediciones de medición en esta zona fueron lideradas por Clarence King, Ferdinand Vandever Hayden y John Wesley Powell, entre otros, bajo los auspicios del gobierno. **Grove Karl Gilbert**, el más sobresaliente de los colaboradores de Powell, reconoció un tipo de topografía causada por fallas en la corteza terrestre y dedujo un sistema de leyes que gobierna el desarrollo de los continentes. También en Argentina, el antropólogo y geólogo **Florentino Ameghino** (1854-1911) desarrolló una labor intensa en toda América del Sur, especialmente en el Cono Sur. Evolucionista en la dirección de Lyell y Darwin, publicó, entre otras obras, *Geología, paleogeografía, paleontología y antropología de la República Argentina* (1910).

Siglo XX

Salvo en el caso de la Cristalografía y la Mineralogía, el resto de ciencias geológicas se individualiza definitivamente en el siglo XX. Tiene lugar el desarrollo más espectacular de las ciencias geológicas, también es el siglo de la Geología Aplicada; se dan extraordinarios avances en dataciones radiométricas, nuevas técnicas de laboratorio (refracción de Rayos X), sismología y técnicas geofísicas, Geología minera y Oceanografía, Geología experimental, etc.

Uno de los temas que más ha llamado la atención de los geólogos de todo el mundo ha sido la interpretación del origen de las cadenas montañosas y los geosinclinales. La emisión de la teoría de la Tectónica de Placas (1970) cuyo estudio se aborda en el tema 9, ha constituido el avance más espectacular en que afecta a todas las ciencias geológicas y es el resultado de una investigación interdisciplinar.

En la práctica, los geólogos se especializan en distintas ramas:

❑ **Geofísica**

El objetivo de los geofísicos es deducir las propiedades físicas de la Tierra, junto a su composición interna, a partir de diversos fenómenos físicos

❑ **Geoquímica**

La geoquímica se refiere a la química de la Tierra en su conjunto, pero el tema se divide en áreas como la geoquímica sedimentaria, la orgánica, el nuevo campo de la geoquímica del entorno y algunos otros. El origen y la evolución de los elementos terrestres y de las grandes clases de rocas y minerales son importantes para los geoquímicos. En especial estudian la distribución y las concentraciones de los elementos químicos en los minerales, las rocas, los suelos, las formas de vida, el agua y la atmósfera.

❑ **Petrología**

La petrología se encarga del origen, la aparición, la estructura y la historia de las rocas, en particular de las ígneas y de las metamórficas. (El estudio de la petrología de sedimentos y de rocas sedimentarias se

conoce como petrología sedimentaria). La petrografía, disciplina relacionada, trata de la descripción y las características de las rocas cristalinas determinadas por examen microscópico con luz polarizada.

❑ **Mineralogía**

La ciencia de la mineralogía trata de los minerales de la corteza terrestre y de los encontrados fuera de la Tierra, como las muestras lunares o los meteoritos. (La cristalografía, rama de la mineralogía, implica el estudio de la forma externa y de la estructura interna de los cristales naturales y artificiales)

❑ **Geología estructural**

Aunque, en un principio, a los geólogos estructurales les ocupaba especialmente el análisis de las deformaciones de los estratos sedimentarios, ahora estudian más las de las rocas en general.

❑ **Sedimentología**

Este campo, también llamado geología sedimentaria, investiga los depósitos terrestres o marinos, antiguos o recientes, su fauna, su flora, sus minerales, sus texturas y su evolución en el tiempo y en el espacio.

❑ **Paleontología**

La paleontología, estudio de la vida prehistórica, investiga la relación entre los fósiles de animales (paleozoología) y de plantas (paleobotánica) con plantas y animales existentes. La investigación de fósiles microscópicos (micropaleontología) implica técnicas distintas que la de especímenes mayores. Los fósiles, restos de vida del pasado geológico preservados por medios naturales en la corteza terrestre, son los datos principales de esta ciencia. La paleontografía es la descripción formal y sistemática de los fósiles (de plantas y de animales), y las paleontologías de invertebrados y vertebrados se consideran con frecuencia subdisciplinas separadas.

❑ **Geomorfología**

La geomorfología, es decir, forma y desarrollo de la Tierra, es el intento de establecer un modelo de la parte externa de la Tierra. Los geomorfólogos explican la morfología de la superficie terrestre en términos de principios relacionados con la acción glaciaria, los procesos fluviales, el transporte y los depósitos realizados por el viento, la erosión y la meteorización.

❑ **Geología económica**

Esta rama mayor de la geología conecta con el análisis, la exploración y la explotación de materia geológica útil para los humanos, como combustibles, minerales metálicos y no metálicos, agua y energía geotérmica.

❑ **Ingeniería geológica (y del entorno)**

Los ingenieros geólogos aplican los principios geológicos a la investigación de los materiales naturales -tierra, roca, agua superficial y agua subterránea- implicados en el diseño, la construcción y la explotación de proyectos de ingeniería civil. Son representativos de estos proyectos los diques, los puentes, las autopistas, los oleoductos, el desarrollo de zonas de alojamiento y los sistemas de gestión de residuos. Una nueva rama, la geología del entorno, recoge y analiza datos geológicos con el objetivo de resolver los problemas creados por el uso humano del entorno natural.

❑ **Procesos geológicos**

Los procesos geológicos pueden dividirse en los que se originan en el interior de la Tierra (procesos endógenos) y los que lo hacen en su parte externa (procesos exógenos).

❑ **Procesos endógenos**

La separación de las grandes placas litosféricas, la deriva continental y la expansión de la corteza oceánica ponen en acción fuerzas dinámicas asentadas a grandes profundidades.

❑ **Procesos exogénicos**

El agua corriente, la subterránea, los glaciares, el viento y los movimientos de agua embalsada en el interior (como mareas, olas y corrientes) son agentes geotérmicos primarios. Puesto que se originan en el exterior de la corteza, estos procesos se llaman epígenos o exógenos.

Numerosas organizaciones geológicas prestan a sus miembros una amplia variedad de servicios. En primer lugar, actúan como foros para la difusión del conocimiento mediante revistas profesionales, boletines y otras comunicaciones. Proporcionan además códigos de conducta profesional, cursos prácticos, servicios de colocación y certificación de especialistas. Entre las organizaciones más representativas están la Asociación de Geocientíficos para el Desarrollo Internacional, la Sociedad de Información de la Geociencia, la Unión Internacional de las Ciencias Geológicas, la Sociedad de Geólogos Económicos y la Sociedad de Paleontólogos y Mineralogistas Económicos.

67.2. La Biología y la Geología españolas en el contexto mundial

Que sepamos no existen un marco de referencia sobre la historia de la ciencia en España. Existen estudios parciales sobre determinadas figuras o períodos pero nunca desde una perspectiva global que abarque en conjunto la evolución científica de España.

Las etapas de desarrollo técnico o científico no coinciden con las etapas históricas tradicionales ya que el estudio de la historia de la ciencia requiere un planteamiento distinto. La duración de los efectos y de las causas que incidieron en el desarrollo de la ciencia española, no se corresponden con las secuencias cíclico-estructurales referidas a lo político o social. No obstante, aquí, vamos a respetar la tradicional periodización histórica.

La historiografía española ha obviado el componente científico en la mayoría de sus estudios, reflejo quizás de la escasa importancia que la ciencia y la técnica españolas han tenido en el desarrollo general de las sociedades actuales. Pero es una deformación, tanto metodológica como informativa, ya que:

- España no ha estado separada de las corrientes científicas innovadoras en todos sus períodos de desarrollo histórico.
- España ha realizado aportaciones interesantes al desarrollo científico europeo, sin entrar en la valoración de si ha habido grandes genios o no.
- Los problemas de adecuación científica de España a Europa surgen tanto del propio proceso histórico como de las propias escuelas científicas.

67.2.1. Mundo antiguo

Las conquistas técnicas, celosamente guardadas por los grupos étnicos o culturales se difunden, primero por los griegos y luego con los romanos, en toda la cuenca mediterránea. Se explotan intensamente los recursos minerales de la Península para la obtención de bronce, hierro, oro, plata, plomo y estaño (minas de Cartagena, Huelva, León, Lugo y Asturias); también se producen, entre otros, un importante desarrollo de la industria alimentaria (salazones).

La energía hidráulica se aplica en la minería. Las ciudades de Hispania se pueblan de calzadas, edificios y monumentos, junto con acueductos que garantizan el suministro de agua. El suelo sufre un proceso de cultivo intensivo que proporciona un copioso abastecimiento en las ciudades y permite un floreciente comercio de exportación: Frutales, productos hortícolas (alcachofas, lechugas), miel, aceitunas, vid, etc.

Digno de mención son:

- La instalación de factorías pesqueras.
- La exportación de cochinillas para tintes.
- Salinas industriales.
- Tallas de piedras semipreciosas (Elche).
- Escuelas para hijos de la nobleza en Huesca, etc.

- Desarrollo de los regadíos en Valencia.

67.2.2. La España medieval

Tras la desaparición del dominio romano, se olvidan o se pierden las conquistas materiales de la época clásica y la vida civil se ruraliza, sufriendo agresiones constantes de los pueblos del Norte. No obstante se empieza a usar la energía eólica y se sigue con la hidráulica, se desarrolla la cartografía y las técnicas de orientación, sobre todo aplicadas a la navegación.

Al-Andalus sirve de puerta a nuevas contribuciones de los árabes: seda, nuevos cultivos y técnicas (regadío); se produce el redescubrimiento de los filósofos griegos, con lo que la Botánica, la Astronomía y la Medicina se revitalizan.

Dignos de mención son:

- El desarrollo de las canteras (Córdoba, Toledo, Mérida) en la España visigoda.
- Árabes: Nuevos cultivos (algodón, hortalizas, cítricos, especias), jardines botánicos (la huerta del rey de Toledo) y zoológicos. Palmerales de Elche (900); Abucasis (Enciclopedia médica); herborizaciones en la península.
- Resurgimiento de los mercados y de los artesanos.
- Primera flota pesquera en Galicia (1050)
- Implantación de la Mesta (1250-1300)
- Introducción del arado de ruedas (1400)
- Continúa el desarrollo de la minería

Científicos destacados: Raimond Llull (Alquimia y métodos de análisis); Jaime d'Agramont (primer texto europeo sobre la peste); Avenzoar (tratado de clínica y terapéutica); Averroes escribe un tratado de medicina; Maimónides (sintetiza Aristóteles y Galeno)

67.2.3. El siglo de Oro y la decadencia

Con la recuperación del patrimonio cultural clásico, el Renacimiento vuelve a los niveles técnicos de la Edad Antigua, que, unido a las innovaciones de la Baja Edad Media y con las aportaciones islámicas y de los grandes científicos e ingenieros de la época, sientan las bases de la tecnología las ciencias modernas. La energía muscular humana y animal es sustituida, en gran medida, por energías naturales (agua, viento). Las rutas oceánicas convierten a Europa en el centro del mundo, a la vez que demuestran la esfericidad de la Tierra.

Hitos destacables:

- A principios del siglo XVI se crean la Universidades de Valencia, Alcalá, Santo Domingo, Granada y Santiago de Compostela.
- A finales del siglo XVI se fundan hospitales y escuelas médicas, así como se desarrolla el laboratorio del Escorial.
- Difusión por Europa de los cultivos americanos: patata, cacao, quina, tabaco, tomate y colorantes.
- Retroceso de la ganadería
- Decadencia del regadío (expulsión de los moriscos)
- A mediados del siglo XVII se produce un fuerte descenso demográfico y la agricultura alcanza los mínimos del siglo.

Las aportaciones científicas más notables son de :

- Miguel Servet; Nicolás Hernández escribe la Historia medicinal de América (1574); Juan de Herrera (1524) publica su "Libro de agricultura"; Francisco Hernández (1577) dirige la primera expedición científica;

67.2.4. El siglo de la Ilustración

Durante el siglo XVIII, en el reinado de Carlos III, se produjo un resurgimiento en las ciencias naturales españolas. Se inauguró el "Jardín Botánico" de Madrid (1781), y se crea el colegio de Cirugía de Barcelona. Los cambios de paradigmas se extienden a los círculos científicos, los bienes de consumo superan la fase artesanal para producirse la concentración manufacturada a partir de las Fábricas Reales: La Enciclopedia se difunde por Europa y América.

Hacia mediados del XVIII se inicia la paleontología, se crea el Real gabinete de Historia Natural y la Real Academia de Ciencias y Artes en Barcelona; a finales se funda el Observatorio Astronómico de Madrid. En el último tercio de siglo se crean las primeras cátedras de Medicina y la escuela de Veterinaria de Madrid.

Francisco Morello (1678) realiza una encendida defensa de Harvey; José de Quer (1700) publica su "Flora española"; Félix de Azara (1780) publica su Zoología.

67.2.5. El siglo XIX

La plena aplicación de la máquina de vapor como fuente de energía motriz y la construcción de motores de energía eléctrica van a permitir en que se deposite una fe ilimitada en el progreso técnico, siendo este el nuevo paradigma civilizatorio. Las exposiciones Universales serán su escaparate.

En la actividad científica española se produce un grave colapso tras la Guerra de Independencia y el reinado de Fernando VII (1808-1833), dado el exilio de los científicos españoles, sobre todo en 1823. En 1813 es abolida la Inquisición.

- En 1830 se crea la Academia de Ciencias Naturales; hacia 1850 se crea el Museo de Ciencias Naturales de Madrid.
- A mediados del siglo (1857) se publica la Ley Moyano de la Enseñanza.
- Hallazgo de minas de plomo y de plata.
- Desarrollo de la moderna Geología.
- Expedición científica al Pacífico en 1862. Polémica desatada por el darwinismo; en 1872 se publica "el origen del hombre".
- A finales de siglo se realizan inventarios botánicos, se crea la Sociedad Española de Historia Natural y el Museo de Ciencias Naturales de Barcelona.

Mateo Orfila crea la moderna toxicología; Aureliano Mestre realiza las primeras investigaciones microscópicas; Máximo Laguna publica su "Flora forestal española"; Nicolás Achúcarro destaca en Histología. En 1884 el médico y bacteriólogo español Jaime Ferrán, descubrió la vacuna contra el cólera.

67.2.6. Siglo XX

Con la Guerra Civil española se produce otro parón académico y científico, prolongado por el exilio, iniciándose una recuperación a partir de 1960. A partir de entonces asistimos a una recuperación económica y se inicia un nuevo proceso de colonización científica.

Entre los científicos españoles más destacados del siglo XX, destacamos:

Biología: Pío del Río Ortega en Neurología, Santiago Ramón y Cajal (premio Nobel en 1906) en Histología; Odón de Bluen en Oceanografía; Ignacio Bolívar en Biología Animal; Ramón Turro en Inmunología, Augusto Piñi Suñer en Fisiología experimental; José Macpherson y Francisco de Quiroga en Inmunología; Severo Ochoa (premio Nobel 1959 por el descubrimiento de la ARN-polimerasa) en Biología molecular; Juan Oro en Bioquímica (síntesis en laboratorio de péptidos, ribosa y desoxirribosa); Santiago Grisolia (proyecto GENOMA), etc.

67.3. Principales áreas de investigación actual

Biología

La biología es una ciencia pura, cuyo objeto es el conocimiento de qué es y de cómo se desarrolla la vida. A través de la experimentación se obtienen los datos científicos. Estos, pese a lo que pueda parecer a primera vista, no son totalmente objetivos, ya que dependen del método empleado. Los datos son, pues, relativos.

La Biología se limita a proporcionar una información que la mayoría de las veces es compatible con un amplio espectro de interpretaciones. Se pueden distinguir dos líneas de trabajo: **La investigación pura y la aplicada**. Ambas son necesarias, ya que a menudo se presentan problemas inesperados que necesitan un tratamiento rápido y adecuado. Sólo si se ha desarrollado una amplia investigación habrá posibilidad de encontrar solución a estos problemas.

Algunas de las líneas de investigación actuales son las siguientes:

Biología y Medicina

- Tratamiento eficaz para combatir el cáncer, pese a haberse localizado algunos oncogenes.
- Se requiere descubrir nuevos antibióticos para poder combatir cepas resistentes.
- Falta un tratamiento eficaz para las enfermedades víricas (gripe, hepatitis, SIDA,...).
- Búsqueda de terapias efectivas para las enfermedades de tipo genético. La aplicación de la Ingeniería genética abre una ventana de esperanza.
- Investigación y solución a los problemas inmunitarios derivados de los trasplantes de órganos.
- Búsqueda de una terapia satisfactoria para enfermedades degenerativas del tipo de la artrosis, reuma, etc.

Biología e Industria

- Se sigue trabajando en perfeccionar los procesos de fermentación de la uva, harina, leche, etc.
- Extracción de alcaloides, vitaminas, etc. de las plantas.
- Síntesis artificial de sustancias orgánicas. (hormonas, antibióticos, vitaminas).
- Profundización en el proceso de la fotosíntesis.
- Obtención de productos orgánicos a partir del petróleo.

Biología en Agricultura y Ganadería

- Lucha biológica contra plagas para evitar lo sucedido con el uso indiscriminado del DDT (diclorodifeniltricloroetano). Se trata de buscar especies parásitas o depredadoras de plagas cuyo ciclo de reproducción sea más rápido.
- Selección de nuevas razas de ganado de mayor rendimiento así como de híbridos de elevado rendimiento agrícola.
- Obtención de proteínas para el ganado a partir del metabolismo de bacterias.

Biología y Medio ambiente

La influencia del hombre sobre las demás especies ha provocado una variación importante en el equilibrio biológico de la Tierra. Los problemas derivados de la contaminación y de la superpoblación van destruyendo el patrimonio natural ante la pasividad de la sociedad y provocando la escasez de recursos.

La Ecología suministra cada vez más datos sobre productividades, sobre distribución territorial, demarcando aquellas zonas que por su interés científico precisan ser conservadas, sobre el desarrollo sostenido (ecodesarrollo), etc.

Biología pura

Prácticamente se investiga en todos los campos, pero en algunos el interés es mayor, dado el interés de sus descubrimientos, por lo que reciben un mayor apoyo económico: Genética, Ecología, Microbiología, Fisiología animal, vegetal y humana, Bioquímica, sobre todo en lo que respecta al material genético (Ingeniería genética y Biotecnología); la Biónica (estudio de mecanismos propios de los seres vivos, como el funcionamiento de los órganos de los sentidos, del cerebro, etc.); Exobiología (estudia las posibilidades y circunstancias de la vida fuera de la Tierra, etc.

Geología

Como hemos comentado en otro apartado, los estudios geológicos avanzan más en la línea de la Geología Aplicada y en la búsqueda dispositivos geológicos para conservación del medio ambiente (Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente). Entre las líneas de investigación más importantes señalamos las de:

- Dataciones radiométricas para la elaboración de una escala de tiempo geológico lo más precisa posible.
- Aplicación de nuevas técnicas de laboratorio para el estudio de rocas y minerales (rayos X, paleomagnetismo, etc.).
- Sismología y técnicas geofísicas, que además de la previsión de sismos, nos informan sobre la estructura y composición interna de la Tierra.
- Geología marina y Oceanografía, sobre todo la relacionada con la tectónica de placas.
- Sondeos profundos, tanto en las tierras emergidas como en los fondos marinos.
- Explotación de recursos minerales marinos (nódulos de manganeso, etc.).
- Geología experimental, reproducción en el laboratorio de modelos reducidos de los distintos fenómenos geológicos terrestres.

A todo esto hay que añadir el incremento de los estudios geológicos superficiales con el fin de elaborar mapas geológicos cada vez más perfeccionados.

Dentro de la Geología Aplicada sólo citar lo ya dicho a propósito de la Geología del petróleo, La Hidrogeología, la Geotecnia y la geología de los yacimientos minerales.

67.4. Los relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad en la Biología y Geología

Distintas investigaciones demuestran que en las escuelas no se ha logrado una formación científica efectiva para el 80 % de la población escolar, pese a los esfuerzos desplegados durante los años 60-70, en distintos países, para reformar el currículo de las ciencias. Algunos de los esfuerzos actuales para reformarlo están centrados en el nivel de la E.S.O.

En líneas generales, dos alternativas destacan por encima del resto. De un lado, la que pretende una reforma de los contenidos, de modo que estos estén más próximos a la vida e intereses de los estudiantes (enfoque CTS); su objetivo principal reside en formar a los alumnos en la responsabilidad social y en la toma de decisiones con base científica.

Por otra parte, cabe citar la que impulsa un cambio de óptica en la enseñanza científica, en el sentido de evitar la superespecialización y la excesiva abstracción. Esta alternativa configura el movimiento de alfabetización científica, cuya finalidad esencial radica en la formación de ciudadanos que entiendan, a nivel divulgativo, el mundo científico-técnico en el que vive.

Estas dos aproximaciones a una nueva enseñanza de las ciencias imponen una selección de contenidos coherentes con los fines que persiguen. Se aboga por incluir aspectos de la ciencia que el estudiante pueda incluir en su propia vida sin necesidad que transcurra mucho tiempo, así como descubrir el atractivo, la novedad y el valor del descubrimiento científico.

Se sugiere introducir en las distintas unidades didácticas algunas actividades que muestren las relaciones C-T-S, lo que aumentaría la motivación de los estudiantes y les proporcionaría una visión más ajustada de la ciencia como construcción humana, sujeta e influenciando, a las condiciones de la cultura y la sociedad en las que se desarrolla.

También se ha constatado que los currícula C-T-S facilitan el establecimiento de conexiones entre la ciencia de los alumnos y la de los científicos, aspecto muy importante en los modelos de enseñanza-aprendizaje constructivistas. Dentro de este campo de trabajo hay distintos enfoques: unos escogen como eje la historia de la ciencia y otros se basan en los temas transversales (educación ambiental, para la salud, para el consumo, etc.); otros inciden más en los aspectos sociales de la ciencia y aun otros parten de dar enfoques tecnológicos y de ciencia aplicada a los diferentes temas objeto de estudio.

La incidencia de los aspectos históricos, sociales o tecnológicos en el currículum de Ciencias no afecta sólo a los ejemplos y a las actividades propuestas, sino también a los contenidos seleccionados y muy especialmente a su secuenciación. El enfoque C-T-S propone secuenciaciones basadas en los conocimientos previos del alumno, en su lógica o en sus intereses.

La utilización de actividades C-T-S en el aprendizaje de la física y la química, dentro del nuevo marco constructivista de la enseñanza, incorporadas al hilo conductor de cada tema, puede contribuir a mejorar la actitud de los alumnos hacia la ciencia, sustituir el desinterés por el estudio de la misma, y reconocer que el estudio de la ciencia debe contribuir a su formación como futuros ciudadanos.

Por ejemplo una forma de estudiar la electricidad "clásica", puede ser sustituida por la forma siguiente: Plantear el estudio de "la electricidad en casa", se empieza por el concepto más conocido por el alumno (potencial eléctrico). Sigue por los de trabajo, voltaje, corriente eléctrica, intensidad y resistencia. Todos estos conceptos se introducen a partir del estudio de máquinas eléctricas y con el objetivo de promover un uso inteligente de la electricidad. Todo ello con la finalidad de incorporar las vivencias de todo tipo de estudiantes y aumentar su motivación.

Así, es interesante la idea de que algunos de los errores que cometen los alumnos (e incluso los profesores) pueden tener su origen en la llamada metodología de la superficialidad (la tendencia extraer conclusiones precipitadas, realizar generalizaciones acríticas basadas en observaciones cualitativas, aplicar fórmulas sin comprender su significado, etc.). En consecuencia, una correcta adquisición de los conocimientos científicos requeriría un enfoque de enseñanza coherente con la metodología científica. No obstante, plantar problemas, emitir hipótesis, diseñar experimentos y analizar con cuidado los resultados, no es una tarea fácil ni accesible para todos los alumnos de esta etapa.

En estos casos es preferible presentar la ciencia como una ciencia para todos que una ciencia de los científicos; que los alumnos aborden los problemas de forma más libre y espontánea, que tenga en cuenta el valor pedagógico del error y despierte y apoye su curiosidad. No debe olvidarse que hay que dar oportunidades a los alumnos más capaces, para que se enfrenten a los problemas de forma más crítica y rigurosa, imaginando nuevas posibilidades a título de hipótesis y sometiendo dichas hipótesis a contraste en condiciones controladas.

En definitiva, la inclusión de estos aspectos en la enseñanza de las Ciencias puede permitir:

1. Mostrar una imagen socialmente más contextualizada del conocimiento científico, lo que ayudaría a identificar los problemas de la vida real, formular soluciones o tomar decisiones frente a los problemas planteados.
2. Profundizar en la problemática asociada a la construcción del conocimiento científico, lo que permitirá comprender mejor el papel de la ciencia y la tecnología.
3. Comprometer a los alumnos en la solución de los problemas que hipotecan el futuro de la humanidad: destrucción del medio ambiente, polarización de la riqueza y pobreza, enfermedades, armas nucleares, etc.
4. Conseguir que la enseñanza de las Ciencias se transforme en un elemento fundamental de nuestra cultura, para la formación de ciudadanos y responsables, no sólo para su capacitación profesional, sino también para que puedan participar activamente en los asuntos sociales, contribuyendo así a dar sentido a los estudios que se realizan y favoreciendo el interés y actitudes positivas.

Los ejemplos de actividades C-T-S que vamos a indicar, no deben considerarse como meras actividades complementarias, deben entenderse contextualizadas dentro de temas concretos:

- Explicar qué tienen en común, en qué se relacionan y en qué se distinguen la Ciencia y La Técnica.
- Papel de los científicos en la sociedad.
- Valorar críticamente, sopesando las ventajas y los inconvenientes, el papel que ha jugado la Ciencia en la vida del hombre.
- Realizar un estudio de los tipos de energía consumida en nuestro país, región, hogar, centro educativo, etc.: origen, cantidad consumida, problemas derivados de su consumo, etc.
- Seleccionar noticias relacionadas con la energía, con los problemas sociales, tecnológicos, medioambientales y económicos que se derivan de ésta y su distinta utilización. Elaborar "póster".
- Realizar un pequeño estudio sobre el origen de la lluvia ácida, describiendo los procesos que tienen lugar, sus consecuencias y posibles soluciones.
- Problemas derivados de la contaminación, etc.

El enfoque desde la historia de la ciencia

Si queremos que los alumnos tengan una imagen más real de la ciencia, de cómo trabajan los científicos, de la "causalidad o accidentalidad" de sus descubrimientos, de las influencias mutuas entre los científicos y los tecnólogos, de las conexiones entre los avances científicos y connotaciones sociales, del carácter creativo y de los aspectos afectivos y éticos del trabajo científico, es oportuno referirse, además de al mencionado enfoque Ciencia-Tecnología- Sociedad, al papel que la historia de la ciencia puede jugar en la enseñanza de nuestra disciplina.

La principal consecuencia de la inexistencia de una visión histórica de las Ciencias es un gran empobrecimiento de éstas, especialmente en cuanto a los factores que hacen de las Ciencias una empresa humana interesante.

La construcción del conocimiento se ha realizado y se realiza en ambientes sociales concretos y por diversas motivaciones. Todas las sociedades han construido algún tipo de ciencia y todas las personas disponemos, a través de la cultura recibida, de algún sistema de interpretación de la naturaleza con base empírica.

Todas las sociedades han valorado el conjunto de explicaciones sobre los fenómenos de que disponen, porque en ellas se fundamentan muchos de sus comportamientos, políticas y valores. Por eso, estos conocimientos deben ser enseñados y pasan de generación en generación; en este proceso los conocimientos se ordenan y se estructuran, porque así son enseñados y comprendidos más fácilmente.

Conviene valorar de forma positiva todo intento de explicación de algo que aún no se conoce, aunque después esta explicación sea sustituida por otra que, por otra parte, no tiene por qué ser la definitiva. Así mismo, conviene conocer algunos aspectos relacionados con las personas que se han distinguido por sus aportaciones a la construcción de las ciencias, especialmente los relacionados con sus condicionamientos técnicos, económicos y sociales.

Las ciencias son un buen ejemplo de la creatividad humana. Las Ciencias han estado relacionadas con el desarrollo técnico de las sociedades, y también con sus valores. No son ajenas a las ideologías ni a las creencias, sino que estas constituyen y dan sentido a las finalidades que persigue la creación del pensamiento científico.

Hay que evitar que, al utilizar la Historia de la Ciencia, ésta sea excesivamente moralizante y, con ello, introduzca una visión simplista e inadecuada de la historia; es decir a dar una visión de "final feliz", de progreso sin límites, de avanzar siempre mejorando, cosa que no puede inferirse de la historia. No todo lo

pasado fue mejor, ni tampoco fue peor. Debe quedar claro que el progreso no está predeterminado, así como que las ciencias, como construcciones humanas, no son ni buenas ni malas.

En resumen, las ciencias se nos presentan como una apasionante aventura humana. Para interesar a los alumnos en la misma podemos realizar: Comentarios de texto bien seleccionados y asequibles, integrados en el discurso lógico de la historia, contribuyen al logro de éste fin; narraciones, comentarios de películas, visitas a exposiciones o museos, etc.

Se trata, de nuevo, de adaptar el currículum hacia la "alfabetización científica" de las personas, en lugar de proceder a su especialización temprana que ha motivado el rechazo de muchos estudiantes por los temas científicos.

www.eltemario.com