

Tema 66. Evolución de la concepción de Ciencia. Las revoluciones científicas y los cambios de paradigmas en la Biología y la Geología. La ciencia como proceso de construcción. Los científicos y sus condicionamientos sociales. Las actitudes científicas en la vida cotidiana.

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.

66.1. Evolución de la concepción de Ciencia

66.2. Las revoluciones científicas y los cambios de paradigmas en la Biología y la Geología

66.2.1. La edad de Bronce

66.2.2. Los griegos

66.2.3. Roma y la decadencia de la ciencia antigua

66.2.4. La Edad Media y el Renacimiento

66.3. La ciencia como proceso de construcción. La revolución científica (Siglos XVI y XVII)

66.3.1. La revolución científica

66.3.2. La ciencia del siglo XVIII

66.3.3. Los cambios de paradigmas en la Biología y la Geología

66.3.4. El siglo XIX. Las teorías evolucionistas

66.3.5. El siglo XX

66.4. Los científicos y sus condicionamientos sociales

66.5. Las actitudes científicas en la vida cotidiana

66.1. Evolución de la concepción de Ciencia

Si quisiéramos definir lo que la ciencia ha sido y lo que ha realizado históricamente, hallaríamos difícil formular una definición válida para todos los tiempos y lugares. Las ciencias de las civilizaciones de la edad de bronce diferían notablemente de las Grecia antigua, las cuales, a su vez, tan sólo mostraban algunos de los múltiples atributos exhibidos por la ciencia del mundo moderno. Tras el cambiante carácter de la ciencia a lo largo del tiempo ha habido un elemento de continuidad, pues los hombres de cada época han desarrollado y aumentado algunos aspectos de la ciencia que se les había legado.

Por consiguiente, podemos decir tal vez que la ciencia es una actividad humana que desarrolla un cuerpo históricamente acumulativo de técnicas, conocimientos empíricos y teorías acerca del mundo natural que se hallan relacionados entre sí. Probablemente sea "*la única actividad humana realmente acumulativa y progresiva*" (Sarton). Más sólo una parte de la ciencia ha sido acumulativa hasta la época actual, a saber, sus técnicas prácticas y sus leyes y hechos empíricos.

Si se juzga con una escala temporal larga, las teorías científicas han resultado hasta ahora efímeras. Las leyes de la palanca y de la reflexión de la luz conocidas por los griegos han pasado a formar parte de la herencia permanente de la ciencia, pero las teorías científicas de los griegos sólo tienen interés histórico. De manera semejante, si continúa el ritmo actual de la actividad científica, difícilmente podremos suponer que cualquiera de las teorías científicas actuales vaya a permanecer sin modificación por mucho tiempo.

La ciencia, tal y como hoy día la conocemos, fue un producto relativamente tardío del desarrollo general de la civilización humana. Antes del período histórico moderno, no podemos decir que existiese algo así como una tradición científica distinta de la de los **filósofos**, por una parte, y la de los **artesanos**, por otra. Las consideraciones filosóficas, por ejemplo, limitaron los importantes logros científicos de los antiguos griegos, de manera que sus dos principales sistemas astronómicos chocaban con las observaciones conocidas en la antigüedad.

La ciencia tuvo sus raíces históricas en dos fuentes principales:

1. **La tradición técnica**, en la que las experiencias y habilidades técnicas se transmitían y desarrollaban de una generación a otra.
2. **La tradición espiritual**, en la que ideas y aspiraciones humanas crecían y se multiplicaban.

En las civilizaciones de la **Edad de Bronce**, ambas tradiciones parecen haber estado en gran medida separadas, perpetuándose gracias por un lado a los artesanos y, por otro, a las corporaciones de escribas sacerdotales, si bien estos últimos poseían algunas importantes técnicas utilitarias propias. Las matemáticas y la astronomía eran en gran medida técnicas utilitarias empleadas para llevar las cuentas, realizar mediciones y construir calendarios. Su ciencia no difería demasiado de las técnicas de los artesanos, excepto en que se transmitían a través de registros escritos más bien que de boca a boca.

En las civilizaciones subsiguientes, ambas tradiciones permanecieron en general separadas, si bien ambas se diferenciaron, distinguiéndose el filósofo del sacerdote y del escriba, y el artesano de un oficio, de los de otros. En la antigua Grecia se dieron acercamientos ocasionales; tan sólo a final de la edad media y al comienzo de los tiempos modernos ambas tradiciones empezaron a converger, combinándose luego y produciendo una nueva tradición de la ciencia.

Los **antiguos griegos** realizaron un importante avance al generalizar el descubrimiento de que los hechos empíricamente conocidos pertenecientes a una clase particular podrían demostrarse teóricamente, mostrando que se aplicaban a todos los casos similares. Los griegos usaban también la geometría para interpretar teóricamente sus observaciones astronómicas, de modo que los datos empíricos empezaron ahora a conferir una estructura cuantitativa a las teorías cosmológicas.

No obstante los sistemas del mundo dominantes entre los griegos, les llevó a preferir los **sistemas geocéntricos**, especialmente el homocéntrico y el epicíclico (ver tema 72), los cuales en su forma acabada chocaban con hechos conocidos en la antigüedad.

Tampoco desarrollaron un método experimental ni extendieron la aplicación de la ciencia a nuevos campos, excepto quizá a la ingeniería militar y a la confección de mapas generales del mundo.

En las subsiguientes civilizaciones de **Roma**, el **mundo árabe** y la **Europa medieval**, la ciencia no superó los límites establecidos en la época griega, no siendo muy grande su influjo sobre dichas civilizaciones.

En el **periodo histórico moderno**, no obstante, la ciencia y las fuerzas que la promueven han desarrollado un poder de cambio histórico cada vez mayor. La **investigación experimental**, junto con los métodos cualitativo-inductivos y cuantitativo-deductivos discutidos a principios del siglo XVII, encontraron poco a poco su lugar y aplicación adecuados en todas las ciencias.

Aplicados inicialmente a la mecánica y la astronomía, dilucidaron el funcionamiento del Sistema Solar; aplicados luego a la electricidad, la química, la biología y otras ciencias, hicieron que estos campos se volviesen a su vez más precisos y fructíferos.

En el mundo moderno la ciencia ha llevado a la **secularización del pensamiento** y al desarrollo de sus aplicaciones útiles, pero también ha influido en los valores humanos. Algunos científicos, especialmente los biólogos, han tratado de derivar un código ético de la teoría de la evolución, pero posiblemente el método científico haya ejercido más influencia que ninguna teoría particular sobre las evaluaciones humanas.

El **método científico** descansa más sobre los argumentos racionales que sobre impulsos emocionales y sugiere que los elementos de juicio empíricos deberían decidir entre puntos de vista dispares, práctica que se ha tornado algo más general en las relaciones humanas de lo que lo era hace aproximadamente un siglo.

No podemos considerar la ciencia como un fenómeno histórico plenamente autónomo ni como agente totalmente independiente del cambio histórico, por más que tenga una tradición e importancia propia. El desarrollo de la ciencia no ha sido más que uno más de los diversos movimientos históricos que han formado un complejo interconexo en el que la ciencia no ha sido hasta hace poco más que una fuerza menor.

66.2. Las revoluciones científicas y los cambios de paradigmas en la Biología y la Geología

66.2.1. La edad de Bronce

Los hombres del Paleolítico habían desarrollado una gran variedad de herramientas para trabajar, construir armas, etc., mientras que los del Neolítico realizaron las innovaciones más importantes, la **agricultura sedentaria**, (sexto milenio a. de C.). Esta agricultura agotó rápidamente la fertilidad de la Tierra, limitando el tamaño y estabilidad de las comunidades neolíticas. Tal limitación se dio, en menor medida en los valles del Indo, Eufrates, Tigris y Nilo (inundaciones periódicas aportaban, anualmente, cieno fértil).

Los escribas sacerdotales de Mesopotamia registraban aquellas disciplinas que habían desarrollado ellos mismos en el ejercicio de sus obligaciones: las matemáticas a fin de llevar la contabilidad y hacer mediciones de campos, la astronomía para la confección de calendarios y pronósticos astrológicos, la medicina para curar las enfermedades y expulsar espíritus malignos. Hasta épocas posteriores rara vez registraban algún conocimiento relativo a artes químicas, metalurgia, teñido, etc., que pertenecían a otra tradición, la de los artesanos que transmitían oralmente sus experiencias.

Los escribas sacerdotales comenzaron a depender paulatinamente más y más de la palabra escrita de sus predecesores, valorando tanto más sus textos cuanto más viejos fueran. Semejante actitud escolástica no

conducía al desarrollo de nuevos descubrimientos y, de hecho, aparecieron pocas invenciones durante la edad de bronce.

66.2.2. Los griegos

Los griegos constituían un pueblo que había llegado a la civilización de la edad de hierro directamente desde la barbarie y que habían emprendido un comercio marítimo desde el principio. Este hecho justifica por sí sólo que las analogías empleadas por los filósofos milesinos para explicar la estructura y el funcionamiento del mundo difieran notablemente de las utilizadas en las historias creacionistas de egipcios y babilonios.

Heráclito de Éfeso (550-475 a.C.) era de la opinión de que el fuego constituía el origen y la imagen de todas las cosas, simbolizando la llama el flujo y cambio universal de la naturaleza. "Todas las cosas se cambian por fuego y el fuego, por todas las cosas, a la manera en que las mercancías se cambian por oro y el oro por mercancías". (Principio de la retribución).

Pitágoras, (582-500 a. C.) y los pitagóricos. En Crotona (Italia) fundó una hermandad dedicada a la especulación matemática y a la contemplación religiosa.

Según los pitagóricos el Universo se dividía en tres partes, que en orden de creciente nobleza y perfección eran:

- 1) El Uranos o la tierra y su esfera sublunar;
- 2) el Cosmos o los cielos móviles limitados por la esfera de sus estrellas fijas, y
- 3) el Olimpo o la morada de los dioses. La tierra, los cuerpos celestes y el Universo como todo eran esféricos al ser esta la forma geométrica más perfecta. Los movimientos de los cuerpos celestes eran uniformes y circulares (este principio dominaría la ciencia astronómica hasta la época moderna).

La escuela pitagórica tenía sus biólogos y anatomistas:

1. **Alcmeón de Crotona** descubrió los nervios ópticos y las trompas de Eustaquio por disección. Sostenía que el hombre y el universo estaban hechos según un mismo plan, siendo el hombre una copia microcósmica del macrocosmos en su conjunto.
2. **Empédocles de Agrigento** (500-430 a.C.) sostenía una curiosa teoría sobre la evolución orgánica, que ilustra cómo los pitagóricos tendían a pensar en términos de unidades. Suponía que había, en un principio, diversas partes unidad de animales y hombres, ojos, piernas, brazos, cabezas, etc. errando cada uno por su lado. Merced a la atracción o Amor, formaron combinaciones aleatorias, quedando tan sólo los que tenían los atributos necesarios para la supervivencia.
3. Los **atomistas** llevaron más lejos la concepción de la naturaleza en base de unidades, extendiéndola del mundo orgánico al físico. **Demócrito de Abdera** creía que el universo todo estaba compuesto por átomos físicamente indivisibles. Pensaba que la tierra era un cilindro y no una esfera como pensaban los pitagóricos. Suponían que la vida había surgido de un lodo primordial; tanto los hombres como animales y plantas. El hombre era un microcosmos del universo porque contenía todos los tipos de átomos.

LA FILOSOFÍA NATURAL EN ATENAS

- **Platón**, (427-347 a.C.) fue el primero en darse cuenta que una filosofía que pretendiese ser general tenía que incorporar una teoría acerca de la naturaleza del universo. Desarrolló una filosofía natural en armonía con sus opiniones políticas y teológicas, hallándose subordinada a ellas. Sostenía, como sus predecesores, que el universo era al comienzo un caos increado. La ordenación del caos no constituía un proceso mecánico, tal y como habían imaginado los filósofos jonios, sino el resultado de las acciones de un ser sobrenatural. El rasgo más sobresaliente de la ordenación del universo a partir del caos era, según Platón, la formulación por parte del Creador de un plan racional para el mundo.

- **Aristóteles**, (384-322 a.C.). marcó un hito en la historia de la ciencia griega por ser el último que formuló un sistema del mundo en su conjunto, siendo el primero en embarcarse en investigaciones empíricas extensas. Los filósofos anteriores habían erigido voluminosos cuerpos teóricos basándose en magros fundamentos empíricos, camino que siguió en su trabajo primitivo de Astronomía. Sus trabajos zoológicos posteriores entrañaban una buena dosis de observación, siendo este camino el mantenido por sus seguidores (Teofastro, Estratón).

Habla de cuatro tipos fundamentales de causas:

1. Causa material de las cosas, la materia prima de la que están hechas las cosas.
2. Causas formales, patrones o formas impresas en la materia prima.
3. Causas eficientes que suministraban los mecanismos mediante los que se realizaban estos planes.
4. Causas finales que eran los fines para los que se habían planteado las cosas.

La arcilla (causa material) de una vasija (su diseño es la causa formal). Manos y ruedas del alfarero (causa eficiente). La utilidad de la vasija (causa final). Creía que las causas formales eran inherentes a todos los objetos y procesos naturales.

Constató algunas correlaciones estructurales de los animales (viviparismo y pelos). Estudió el desarrollo embriológico del pollo y relaciona el grado de madurez del nacimiento con la taxonomía.

Era de la opinión de que diversas especies animales formaban una escala continua de criaturas de perfección creciente, desde las plantas hasta el hombre. Había once grados fundamentales de perfección, distinguibles por criterios embriológicos.

La información recogida por los ejércitos de Alejandro suministraba los medios y quizás los estímulos para que la ciencia griega dejase de ser especulativa haciéndose empírica, cosa que ocurrió durante la vida de Aristóteles. Cuando se apoderaron de Mesopotamia, conocieron con detalle las matemáticas y la astronomía babilónicas. Adoptaron el sistema sexagesimal.

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 seiscientos años.

66.2.3. Roma y la decadencia de la ciencia antigua

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.

66.2.4. La Edad Media y el Renacimiento

La "noche oscura" se extiende desde aproximadamente la caída de Roma 455 hasta el inicio del despertar intelectual de occidente bajo el reinado del papa Silvestre II (999-1003), se considera como un periodo estéril en la historia de la civilización europea. La invasión de teutones no trajo grandes avances científicos, pero cambiaron mucho las costumbres por los aportes utilitarios que hicieron (pantalones, mantequilla, cultivo de cereales, arado pesado de ruedas, etc.).

Alberto el Grande, (1206-1280) enseña en la universidad de París y estudia los fósiles de la cuenca parisina... y aquí surge uno de los problemas que han sido los causantes del poco avance de la ciencias geológicas: **Se intentó a ultranza, reconciliar las enseñanzas de la Biblia, entendida literalmente, con las observaciones geológicas de todo tipo**, principalmente en lo referente a los fósiles y la "evolución" de las formas topográficas y la distribución de mares y tierras en el tiempo. Sólo al aplicar el Diluvio como origen de los citados fósiles, así como de las demás variaciones observadas se reconcilia la fe cristiana de aquel tiempo con la ciencia geológica, pero los pensadores deben minimizar e incluso ocultar sus ideas o doctrinas relacionadas con la mayoría de los aspectos geológicos, para evitar una coacción excesiva y hasta demasiado peligrosa.

Otra consecuencia de las innovaciones técnicas introducidas durante la edad media fue el desplazamiento de los centros de civilización del Mediterráneo al norte de Europa, donde las mejoras se empleaban más efectivamente.

La **impresión** Gutenberg (1436) y las armas de fuego y la pólvora (Bacon la menciona en 1249) tuvieron un efecto similar a la invención del alfabeto y del hierro a finales de la edad de bronce.

Con la **fundación de las Universidades** (siglo XI), surgidas de asociaciones de corte gremial de maestros y discípulos, y la traducción del árabe de la ciencia antigua (Escuela de traductores de Toledo), se produjo en Europa, durante el siglo XIII una eclosión de la experimentación, proseguida por los alquimistas hasta la época actual.

Las universidades estaban apoyadas por la Iglesia y nacieron al amparo de las catedrales. Esta nueva estructura sustituyó a las denominadas escuelas monacales o claustrales (dependiente de un monasterio) y a las escuelas palatinas (dependientes de un palacio)

Tras la efímera experimentación del siglo XIII, la tradición culta se desarrolló mediante la discusión racional más bien que por la indagación empírica, permaneciendo así considerablemente aislada de la tradición artesanal a lo largo de la edad media.

Con el **artista-ingeniero del renacimiento** tenemos la asimilación del saber culto por parte de los elementos más capaces y valiosos de la tradición artesanal: Botticelli, Durero, Miguel Ángel, Leonardo da Vinci. La mayoría abarcaba varios campos del saber, pintor, escultor, inventor, etc. Con todo, desarrollaron el aspecto empírico del método científico.

Esto ocurría bastante antes de que las personas de tradición culta desarrollasen el lado experimental del método científico y llegasen a una concepción similar acerca de la función de los procedimientos científicos en la ciencia. No obstante, desarrollaron nuevas ideas científicas que los artesanos renacentistas no habían sido capaces de formular, confiriendo al método matemático su lugar en la ciencia.

Los estudiosos y los artesanos contribuyeron de modos diversos al nacimiento de la ciencia moderna. Diéronse dos elementos principales en la revolución científica del inicio de los tiempos modernos:

- 1) El surgimiento de un nuevo método de investigación, **el método científico**. Es la aportación de los artesanos.
- 2) Una transformación intelectual, el desarrollo de un nuevo modo de considerar al mundo (**revolución intelectual**). Es la aportación de la élite intelectual.

66.3. La ciencia como proceso de construcción. La revolución científica (Siglos XVI y XVII)

Copérnico, Kepler y Tycho Brahe abrieron el camino para la interpretación de los movimientos celestes en términos de mecánica terrestre, desarrollo que hubiera resultado inconcebible a las escuelas de pensamiento griegas dominantes si hubiesen dispuesto de una ciencia dinámica, lo que no es el caso.

Durante el siglo XVI empezó a resquebrajarse la barrera existente entre la tradición artesanal y la culta, que hasta el momento habían separado las artes mecánicas y las liberales. Los escritos artesanales registran cada vez mayor número de invenciones técnicas y descubrimientos científicos. Esta tradición artesanal podía producir buenos experimentalistas, aunque no teóricos.

Durante el XVII el progreso de ciencia se produjo principalmente gracias al **método matemático deductivo** desarrollado por Galileo y elaborado por Descartes, siendo tan sólo en el XIX cuando el método cualitativo-inductivo de Bacon llegó a su apogeo con el desarrollo de la Geología y la Biología evolucionistas. Fue entonces cuando se recogieron de todo el globo vastas colecciones de hechos, casi todos cualitativos, aplicándose el razonamiento inductivo a la elaboración de teorías geológicas y biológicas.

Galileo Galilei, (1564-1642) a través de sus obras, mostraba como era posible demostrar "lo que tal vez no se haya observado nunca" a partir de fenómenos ya conocidos, suministrando la demostración una explicación de esos fenómenos y verificando dicha explicación el descubrimiento experimental de los hechos predichos. El método científico matemático-experimental alcanzó, con él, su madurez. No obstante había un límite que no podía traspasar este método. No podía abordar fenómenos no medibles, tales como las propiedades cualitativas que distinguen a una criatura viva de otra. Aquí encajaba el método baconiano cualitativo e inductivo, aunque ello llevaría algún tiempo.

El método científico matemático-experimental se vio acompañado por la fabricación de aparatos de medida, de modo que los matemáticos pudieran apoyarse en los fenómenos. Los descubrimientos de Galileo en el campo de la óptica impulsaron definitivamente la concepción copernicana del Universo.

René Descartes, (1596-1650) suponía que la naturaleza se hallaba gobernada completamente por leyes, identificando estas leyes con los principios de la mecánica. " las reglas de la Naturaleza son las reglas de la mecánica". Fue el primero en utilizar consistentemente el término y el concepto de "leyes de la naturaleza". Creía que Dios gobernaba el universo plenamente mediante este tipo de leyes que habían sido decididas desde el comienzo. Una vez creado el universo, la deidad no había interferido con la máquina autosuficiente que había hecho. No es casual, por tanto, que la filosofía cartesiana disfrutara del favor de los calvinistas interesados en la ciencia.

Descartes suministró **alternativas constructivas** tanto al método como a la cosmología aristotélica. Bacon había presentado otra concepción del método científico, mientras Galileo y Kepler, formularon más precisamente el método cartesiano.

En su "Discurso del método" (1631), desarrolla las cuatro reglas de toda investigación científica:

1. No afirmar salvo lo que es evidente.
2. Dividir al máximo las dificultades.
3. Explicar primero lo más simple y luego lo complicado.
4. Enumerar cada una de las observaciones evitando generalizaciones.

66.3.1. La revolución científica

Tanto Galileo en astronomía como Descartes tras él en la ciencia en general se ocupaban principalmente en la propagación de las nuevas ideas generales de la revolución científica y no en la explicación de los detalles de los últimos descubrimientos científicos.

La principal figura de la escuela científica de los estuardos fue, **Isaac Newton** (1642-1727). En su discusión del método científico, adoptó la opinión de que el punto de partida de las deducciones físico-matemáticas deberían ser hechos experimentales observados o leyes, y que las deducciones deberían llevar a la explicación o predicción de otros efectos observables.

La creación de **sociedades científicas** en distintas naciones contribuyó notablemente al avance y la expansión de los nuevos métodos científicos. En 1622 Carlos II de Inglaterra funda la " Sociedad Real para el fomento del conocimiento natural". 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.

66.3.2. La ciencia del siglo XVIII

La actividad científica parece haberse relajado en el período que media entre la expansión comercial de los siglos XVII y XVIII y las revoluciones agrarias e industriales de finales del XVIII. Esta relajación de los esfuerzos no se limitó exclusivamente a la esfera de las ciencias aplicadas, sino que se extendió asimismo al desarrollo de la propia filosofía natural, ya que nos encontramos con que la primera mitad del siglo fue un período singularmente vacío en la historia del pensamiento científico, comparando con el período precedente y con el que vendría a continuación.

Con los nuevos movimientos de la segunda mitad del siglo la ciencia revivió de nuevo, aunque ahora presentando características nuevas. Una de las más acusadas era la división metodológica de la ciencia siguiendo líneas nacionales. Los científicos ingleses eran básicamente experimentalistas, mientras que los franceses eran sobre todo teóricos, a la vez que la ciencia aplicada pasaba de manos de los científicos nobles aficionados a las de los constructores de instrumentos e ingenieros de Inglaterra y, en menor medida, de Francia.

El movimiento francés para la difusión de las ideas ilustradas se inició con Fontenelle (popularizó a Descartes), siguió con Voltaire (importó a Francia el sistema newtoniano) y desembocó en el producto más importante como fue la Encyclopedie francesa que se publicó en 22 volúmenes entre 1751 y 1777. La Enciclopedia Británica se empezó a publicar en 1771.

Durante los siglos XVII y XVIII, la formación del mundo y sus habitantes se tenía por un acontecimiento creador único que una vez realizado era eterno y acabado por siempre. En semejante mundo no se podía concebir ni el progreso de la humanidad ni la evolución de las especies. Sin embargo, la extensión del punto de vista mecanicista a otro terreno, el de la psicología, contribuyó a engendrar la idea de progreso, estimulando a escritores posteriores a desarrollar teorías evolutivas.

LA TAXONOMÍA (Linneo y Buffon)

Los biólogos de la época moderna heredaron de la antigüedad dos puntos de vista un tanto contradictorios sobre el mundo orgánico, que habían sido elaborados ambos por Aristóteles.

1. Las especies orgánicas eran consideradas como una jerarquía de criaturas con discontinuidades relativamente amplias entre ellas. Ej. once clases de animales en la jerarquía aristotélica.
2. Animales y plantas eran uno de tantos eslabones de una gran cadena de criaturas, siendo las gradaciones entre ellas insensibles y continuas.

En teoría ambas posturas eran conciliables, en la práctica no lo fueron dando lugar a dos tipos diferentes de técnicas clasificatorias: los llamados sistemas "artificiales" y "naturales".

Los **sistemas artificiales** clasificaban las especies orgánicas en grupos discontinuos y bien acotados mediante unas pocas e incluso una sola característica. Los naturales trataban de reunir las diversas especies orgánicas en familias naturales, donde había una continuidad, estudiándose tantas características como fuera posible a fin de establecer afinidades entre los organismos dentro de las familias. Tales métodos eran muy necesarios para clasificar el creciente número de especies vegetales y animales que iban apareciendo. En el siglo XVIII el luterano sueco **Linneo** (1707-1778) adoptó el método artificial y **Buffon** (1708-1788) y los naturalistas franceses el natural; no obstante el primer sistema de clasificación importante fue propuesto por **Andrea Cesalpino** (1524-1603).

Linneo dedicó gran parte de su vida a la clasificación de plantas nuevas que se estaban descubriendo y trayendo a Europa. Las agrupó en clases, órdenes, géneros y especies nombrándolas mediante una nomenclatura binomial introducida por Bahuin.

Buffon era de la opinión de que no había clases, órdenes, géneros y especies discontinuos en la naturaleza, sino que eran creaciones artificiales de la mente humana. En la naturaleza no había sino

organismos individuales que mostraban gradaciones muy pequeñas y continuas de uno a otro; no obstante acepto que una especie era un grupo de individuos interfértiles.

66.3.3. Los cambios de paradigmas en la Biología y la Geología

LA GENERACIÓN ESPONTÁNEA

El primer científico que cuestionó "la generación espontánea de la vida" fue el médico italiano del siglo XVII F. Redi experimentando con carne de serpiente muerta de la que extrajo algunos gusanos blancos de su carne putrefacta y, aislándolos, obtuvo moscas demostrando que se trataba de larvas (aislando la carne con gasa tupida demostró que eran las moscas quién contaminaban la carne).

A pesar de ello se siguió manteniendo el nacimiento de los microbios por generación espontánea (Needham en el siglo XVIII calentando sobre ascuas caldo de carne en matraces más o menos sellados en los que seguían existiendo "animáculos" dentro de los matraces). La réplica de Spallanzani, que realizó la misma experiencia con más cuidado, concluyó que Needham no había tomado las suficientes precauciones al sellar los frascos. Pasteur (1862) asestó un golpe casi definitivo a esta teoría con la experiencia que le supuso un premio de la Academia de Ciencias Francesa:

Demostró que los supuestos casos de generación espontánea se debían a la contaminación de los caldos por microorganismos transportados por las partículas de polvo del aire. Utilizó matraces con cuello de cisne. En su interior los caldos esterilizados por calentamiento permanecían estériles, las partículas de polvo con bacterias quedaban atrapadas en el cuello; si a los matraces, se les suprimía el cuello, los microbios proliferaban en el caldo al cabo de 48 horas. Aunque el golpe a la teoría fue prácticamente definitivo algunos investigadores (Bastian) persistieron en mantenerla al utilizar esporas muy resistentes a la destrucción por el calor.

VITALISTAS Y MECANICISTAS

Aparte de la controversia sobre la generación espontánea, que zanjaría Pasteur, durante este siglo se desarrolló un amplio debate entre vitalistas y mecanicistas. El **vitalismo** defendía la presencia de una "fuerza vital" que hace que un ser pase de ser sustancia inanimada a ser vivo. Su máximo defensor fue Stahl (1660-1734).

El **mecanicismo** intentaba explicar los fenómenos biológicos por una simple complejidad de reacciones químicas del tipo de las que aparecen en el mundo inorgánico. Liebig, Wöhler y Berzelius, ya en el siglo XIX, demostraron que muchas de las reacciones químicas de los seres vivos podían reproducirse en el laboratorio de forma artificial. El vitalismo ha sido, en la actualidad, abandonado casi por completo, aunque el debate no está concluido, ya que el simple mecanicismo tampoco explica las actividades vitales.

Robinet, ex-jesuita, veía la evolución como un ascenso por la escala de criaturas; Bonnet, el hugonote, concebía el cambio orgánico como resultado de una vasta mutación catastrófica. Estas personas daban libre expresión a los dos tipos de teoría evolucionista que iban a extenderse en el siguiente medio siglo, ilustrando las creencias religiosas con que se conectaban los dos tipos de visión. Sus teorías fueron desarrolladas por Lamarck y Cuvier respectivamente. Pese a que el lamarckismo siempre fue minoritario en el mundo científico, persiste su clasificación práctica de los invertebrados.

La ley de la recapitulación embriológica, fue propuesta en 1793 por Kiemeyer (1765-1844). Sugería que cada animal se desarrollaba embriológicamente ascendiendo por la escala de organismos vivos hasta alcanzar el grado correspondiente a su especie, de modo que el hombre, por ejemplo, en cuanto embrión tenía primero una vida vegetal, luego una animal y finalmente una racional.

Meckel estableció una ley biogenética, según la cual se suponía que los embriones de los animales superiores atravesaban estadios en los que se asemejaban a las formas adultas de animales inferiores en la escala evolutiva de los seres orgánicos. Durante el siglo siguiente **Ernest Haeckel** reavivó una nueva

fórmula darwinista la primitiva idea de que el desarrollo de un organismo individual recapitulaba la historia de la especie, lo cual suministró un estímulo ulterior al estudio de la embriología.

POLÉMICA NEPTUNISTAS - PLUTONISTAS

Se plantea en la segunda mitad del siglo XVIII. Los autores de dichas teorías son, respectivamente, Abraham Werner (1749-1817) y el británico James Hutton (1726 - 1797).

Los **neptunistas** pretenden explicar el origen de todas las rocas como depósito de un hipotético océano universal primitivo, gradualmente subsidente, del cual surgieron posteriormente las montañas. Niegan la existencia de calor en el interior de la Tierra, y para explicar los volcanes actuales, sugieren que se trata de combustión espontánea de carbón que rellena grietas subterráneas. Tuvieron gran éxito a final del siglo XVIII y principios del XIX. Tras largas y descalificadoras discusiones, éstos terminaron por aceptar los argumentos plutonistas.

Los **Plutonistas** consideran que las rocas cristalinas no estratificadas (granito, basalto), son producto de la solidificación de materiales fundidos por efecto del calor interior de la Tierra, que ascienden hacia el exterior y se encajan entre otras rocas. La trascendencia de esta polémica despierta el interés hacia la Geología. terminaron por imponerse a mediados del siglo XIX.

POLÉMICA ACTUALISMO - CATASTROFISMO

Tal vez la aportación más importante de Hutton sea la emisión del principio del Actualismo o Uniformismo, que establece cómo los fenómenos que han actuado en el pasado son los mismos que actúan en la actualidad. Esta teoría chocó con la del catastrofismo, de aceptación generalizada en su época.

El **Catastrofismo** pretende explicar todos los fenómenos geológicos con actuaciones en intervalos de tiempos extremadamente cortos (cataclismos). Es la consecuencia de las interpretaciones del Antiguo Testamento que admite un máximo de 6.000 años para la edad de la Tierra. El antes aludido Buffon fue muy criticado por defender que los seis días que duró la creación eran en realidad seis épocas que sumaban 150.000 años.

El **Actualismo** defiende que todos los fenómenos que han ocurrido en tiempos pasados, son los mismos que actúan ahora, y que por tanto, " el presente es la clave del pasado". Los resultados que obtienen para la duración de cualquier fenómeno geológico, son ampliamente superiores a los establecidos como norma en su época. Este principio fue rechazado totalmente, sin presentar objeciones al mismo, sólo a mediados del siglo XIX, tras ser defendido por Lyell, se volvió a considerar, y se empezó a aceptar de manera casi general. A partir de entonces empiezan a manejarse cifras de millones de años para datar a la Tierra.

A finales del siglo XVIII y principios del XIX, el inglés W. Smith (1729-1839) describe la **localización de los fósiles**, ligando cada especie a un estrato concreto, y niega, por tanto, que estén dispuestos de forma fortuita. Establece con ello el principio de correlación paleontológica, en el que se basan las dataciones de edad mediante fósiles, y constituye uno de los pilares fundamentales, tanto en la Estratigrafía como en la Paleontología.

Los franceses Lamarck (1744-1827) y Cuvier (1744-1832), se ocuparon de buscar explicación al cambio de organismos a lo largo del tiempo, emitiendo teorías opuestas para explicarlo. Mientras Lamarck defendía la teoría de la variación de las especies por influencia del mundo exterior, Cuvier, que era catastrofista, defendía la presencia de los fósiles mediante una serie de catástrofes sucesivas, la última de las cuales fue el diluvio universal.

66.3.4. El siglo XIX. Las teorías evolucionistas

Al inicio del siglo XIX ocupa la escena del pensamiento científico el **positivismo** de Comte (1798-1857). Para este filósofo francés lo importante era buscar el dato y no las causas y los principios de las esencias y de las sustancias. Suya es la teoría de los tres estados por los que ha pasado la humanidad:

1. Etapa mitológico-teológica, con unas subetapas de fetichismo, politeísmo y finalmente monoteísmo.
2. Etapa metafísica, que sustituye el antropomorfismo anterior por fuerzas abstractas como esencias, energías, fuerzas, espíritu.
3. Etapa positiva, en la que sólo interesa el dato.

Desde mediados del siglo, el mundo ha conocido una profunda transformación que aún prosigue en nuestros días. Las condiciones de trabajo del hombre que habían permanecido casi inmutables en los siglos anteriores, se modifican profundamente con la consiguiente influencia en los planos económico, social, político y cultural.

La ciencia y la técnica estuvieron estrechamente relacionadas sobre todo a partir de 1870. Aumentaron el número de inventos, su aplicación técnica dio un gran impulso al desarrollo de la máquina.

Tras un siglo como el XVII, en el que la mayor actividad de los biólogos se desarrolló en el campo de la sistemática, en un intento de clasificar las especies procedentes del Nuevo Mundo, se suscitó en este siglo una interpretación, basada en la razón tanto de la aparición de las diferentes especies como su distribución y parentesco. Así surgieron las **teorías evolucionistas**, uno de cuyos primeros defensores fue Lamarck, que explicaba su hipótesis basándose en la herencia de los caracteres adquiridos.

Esta teoría chocaba, por un lado, con la crítica de quienes pedían datos, experiencias, etc. y, por otro, con la opinión de Cuvier que era **fijista**, es decir, creía en la inmutabilidad de las especies; para explicar su extinción aludía a las teorías catastrofistas.

En 1859 **Ch. Darwin** (1809-1882) publicaba "El origen de las especies". En él recogía una nueva interpretación, más sólida que la de Lamarck, de las teorías evolucionistas (ver tema 65). Esta teoría se apoya en dos puntos: la variabilidad de la descendencia y la selección natural o lucha por la supervivencia o, dicho de otro modo, la supervivencia del más apto. Pronto se desató una gran polémica. El filósofo Spencer utilizó el impacto del darwinismo en la sociedad del siglo XIX para, dándole una carga antirreligiosa de la cual esta teoría en principio carece (Darwin era agnóstico), realizar un ataque contra la opinión de otros científicos. Así se produjo una primera reacción de rechazo del darwinismo en muchos ambientes religiosos y científicos. Esta polémica, aunque de forma no tan virulenta, aún persiste.

Los estudios geológicos en el este siglo toman un gran ímpetu y se multiplican en cada una de sus ramas. Se levantan mapas geológicos de diversas regiones centroeuropeas y americanas. Se establecen grandes divisiones del tiempo geológico (eras y sistemas) y se describen los fósiles de cada una de ellas. Se publican las teorías evolucionistas de Darwin, de gran importancia en Paleontología. Se inicia el desarrollo de la Petrología y de la Geología aplicada; se fundan la mayor parte de las sociedades geológicas de los diversos países. Se publican los primeros tratados de geología.

66.3.5. El siglo XX

En el 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 marcan 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. En el tema 67 se recoge una relación cronológica de los nombres más importantes.

Salvo en el caso de las Cristalografía y la Mineralogía, el resto de ciencias geológicas se individualiza. 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, Geoplanetología, 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

66.4. Los científicos y sus condicionamientos sociales

La ciencia de una determinada época no sólo ha pertenecido a su propia tradición con sus propios métodos, valores y conocimiento acumulado, sino también a su propio período histórico en el que otros movimientos han dejado sentir sobre ella su propio impacto.

En períodos históricos relativamente estáticos, como la Edad Media, la ciencia no ha demostrado un desarrollo notable, mientras que en los períodos expansivos la ciencia ha medrado frecuentemente, aunque también sujetos a modas, dudas y cambios abruptos en su desarrollo.

Aparte de la ausencia de la Inquisición en los países protestantes, el predominio de los protestantes sobre católicos entre los grandes científicos de la Europa moderna, se puede atribuir a tres factores principales:

1. Congruencia entre el primitivo ethos (moral) protestante y la actitud científica.
2. Uso de la ciencia para la consecución de fines religiosos.
3. Al acuerdo entre los valores cósmicos de la teología protestante y los de las teorías de la primitiva ciencia moderna.

El alemán Leibniz (1646-1716), era de la opinión que el nuestro era el mejor de los mundos posibles. Así, el sistema solar era una máquina autosuficiente, mientras que las especies orgánicas estaban fijadas para todos los tiempos en las diversas formas en las que habían sido creadas originariamente. Es en este punto en el que terminó por producirse la ruptura entre la teología protestante y la ciencia moderna, ya que la llegada de las teorías evolutivas del XIX puso fin a la opinión de que el mundo y sus criaturas habían mantenido sus formas actuales desde toda la eternidad. La oposición a estas teorías evolucionistas fueron muy fuertes entre los protestantes. No obstante, la alianza duró siglo y medio, y durante este periodo el sistema físico-teológico de Newton se aceptó universalmente en los círculos intelectuales.

El avance que las ciencias experimentaban desde mediados del siglo anterior, conoció un impulso extraordinario a partir de la segunda mitad del siglo, contribuyendo a renovar y modificar la interpretación que tenía el hombre sobre el mundo. Se dieron una serie de condiciones favorables

a) La creencia en la ciencia y en el progreso

El sentimiento religioso retrocede y la mentalidad romántica desaparece después de 1848. La estima por las ciencias se extiende: "nosotros creemos en el dogma del progreso, como un creyente en su fe" (Vachelot). Los positivistas incluso tienen la pretensión de explicarlo todo científicamente. El hombre de ciencia llega a ser un hombre respetado.

b) La eficacia del Método Científico

Al racionalismo cartesiano basado en la intuición del espíritu, le sucede un racionalismo basado radicalmente en la experimentación. El siglo rechaza la lógica formal de los escolásticos y fundamenta el razonamiento en la inducción matemática que abre sin cesar sus caminos al descubrimiento. Si existe una intuición adivinatoria, la experiencia pide una intuición de comprobación. El hombre debe tener en cuenta los hechos y las leyes que lo rigen, que le sirven a su vez para explicarlos.

c) Incremento de los medios

Los descubrimientos son cada vez más fruto del estudio: se ponen en mano de los científicos nuevos medios, laboratorios mejor equipados y la posibilidad de dedicarse por entero a su obra. Se intensifica y prestigia la enseñanza de las ciencias.

d) La especialización

Los avances de las ciencias hacen imposible abarcar el conjunto de los conocimientos. Ya no existen sabios universales como los hombres del renacimiento. En cada ciencia incluso surgen nuevas especialidades. La extensión de la prensa y las revistas científicas, al igual que los congresos, constituyen el medio de comunicación de los nuevos avances.

Tales acontecimientos indican que la actividad científica se ha orientado ahora por un canal y antes por otro, y que en ocasiones se han relajado las fuerzas que promueven la ciencia, llegando incluso a invertirse. En general quizá se pueda decir que los problemas prácticos de un período histórico dado han ejercido un influjo sobre las investigaciones emprendidas por los científicos de la época, mientras que los intereses intelectuales de la época han influido sobre la forma en que se expresaron las teorías científicas. La teoría de la selección natural se vio influida por la corriente **laissez-faire** presente en el pensamiento inglés durante el siglo XIX, influjo que Darwin reconoció indirectamente especificando su deuda con las opiniones del Malthus.

Con todo, la división no ha sido rígida. Los problemas prácticos han estimulado el surgimiento de nuevas teorías, a la vez que ciertas corrientes intelectuales han orientado la investigación científica por canales específicos, como en el caso de la filosofía alemana romántica e histórica que promovía el estudio de la embriología entre los alemanes de finales del XVIII y principios del XIX.

En el pasado no se dirigían conscientemente las fuerzas que promueven el desarrollo de la ciencia, siendo visibles sólo los resultados que producían. En tiempos recientes, la ciencia se ha visto orientada más consciente y directamente hacia campos específicos, cuya elección se ha escapado de las manos de los propios científicos. A medida que la investigación ha ido aumentando de complejidad, se ha ido profesionalizando y se dirige desde fuera, excepto en la esfera académica, mediante el establecimiento de instituciones de investigación regidas por cuerpos externos como las firmas industriales y los ministerios gubernamentales (CSIC).

En general, estos organismos se han ocupado principalmente de las aplicaciones de la ciencia y desde hace unas cuantas décadas han suministrado la mayor parte de los recursos dedicados a la investigación científica. Inicialmente se orientaban sobre todo al fomento de la industria, agricultura y medicina; no obstante, después, se ha hecho cada vez más hincapié en las investigaciones sobre temas de interés militar.

Tales desarrollos han dejado sentir su efecto sobre la ciencia fundamental, creando demanda de determinados científicos. Asimismo han fomentado el conformismo intelectual de los científicos hacia los valores y puntos de vista del grupo dominante de la sociedad concreta a que pertenecen, tendencia que se ha visto acompañada por la asociación de algunas teorías científicas con una u otra de las ideologías opuestas en el siglo XX.

A lo largo de la historia, las teorías científicas se han visto favorecidas o han recibido oposición, aparte de por consideraciones basadas en los criterios del método científico, de acuerdo con el grado en que dichas teorías han sido congruentes o divergentes de las creencias generalmente aceptadas en su tiempo y lugar. Tales juicios y las acciones basadas en ellos han resultado particularmente sonados en esos períodos históricos en los que dos grandes movimientos de fuerza comparable se han opuesto el uno al otro.

Durante el período de la Reforma protestante y la Contrarreforma católica, por ejemplo, las teorías copernicanas y ptolemaica se juzgaron frecuentemente con criterios completamente externos al método científico.

A mediados de los años cincuenta sucedió algo similar con las teorías genéticas, podemos considerar que aún perdura en el debate sobre la manipulación genética e Ingeniería genética.

No obstante, es un índice de la importancia histórica que ha tomado la ciencia en los tiempos modernos el hecho de que la revolución científica hiciese una muy pequeña contribución, si es que hizo alguna, a la fuerza de la Reforma o de la Contrarreforma, mientras que ahora se acepta universalmente que la ciencia ha pasado a ser uno de los determinantes importantes de la fuerza de uno de los mayores movimientos históricos del siglo XX.

66.5. Las actitudes científicas en la vida cotidiana

En cualquier ciencia resulta interesante conocer la evolución de los conocimientos a lo largo del tiempo, o sea, conocer la historia de la ciencia. Este aspecto, que podemos considerar humanístico dentro de una ciencia experimental, nos permite conocer el estado de los conocimientos en cada época de la historia del hombre, fijar los momentos de mayor avance de la ciencia, explicando las causas o razones, y siempre considerando al hombre como el promotor de este avance.

En la historia de cualquier ciencia, en una primera etapa, las ideas y teorías principales se pueden ligar a la labor de los pensadores o filósofos, fruto de su labor personal. En una segunda etapa, que comienza en el Renacimiento, se empieza la diversificación de las ciencias, y es imposible que una persona domine todas sus ramas, con lo que empieza la especialización. Sin embargo, los avances principales se deben a trabajos científicos aislados. En el siglo XX, el gran desarrollo de las ciencias ha impuesto la necesidad de trabajos en equipo, lo que hace que raramente los avances de la ciencia se puedan deber a científicos individuales.

El desarrollo científico ha contribuido a instaurar una profunda **secularización de la mente humana**, ocupando la ciencia, con simpatía o antipatía, un lugar cada vez más importante en todos los sistemas generales de pensamiento y en los países industrializados, tiñendo las doctrinas ampliamente aceptadas relativas a la naturaleza del universo y el lugar que ocupa el hombre. También la aplicación de la ciencia trascendió los límites clásicos de la agrimensura y la confección de calendarios, pasando primero a la navegación y luego a la industria, la agricultura y la medicina.

Los cambios así producidos han contribuido notablemente a formar el carácter de la civilización moderna, disolviendo las viejas tradiciones y los viejos modos de vida, de modo que cuando hablamos de que la civilización moderna se ha expandido, estamos pensando principalmente en la difusión de la ciencia y sus aplicaciones.

Las consecuencias a largo plazo de las aplicaciones de la ciencia no han llegado a ser aparecidas por la mayoría hasta los comienzos del presente siglo. James Watt difícilmente podría haber previsto la congestión urbana derivada de la adopción de su máquina de vapor en las fábricas. Tampoco Faraday podía haber entrevisto el remedio de dicha congestión producida mediante la construcción de suburbios gracias a en parte a la aplicación de sus investigaciones a los problemas del transporte público y a la transmisión de la energía industrial.

El carácter inesperado de los cambios a largo plazo producidos por la ciencia quizá se pueda ilustrar de manera sobresaliente por el hecho de que han comenzado a limitar la realización de los valores pertenecientes al período y a la sociedad que dio nacimiento a la ciencia moderna.

El **individualismo** de las personas de la época moderna así como el valor conferido al **esfuerzo personal** han suministrado gran parte de la fuerza motriz que está detrás del desarrollo de la ciencia moderna, tanto directamente por el deseo de hacer una exploración personal de la naturaleza, como indirectamente por la concesión de la ciencia con los movimientos en los que esos valores hallaron expresión, como los viajes de descubrimientos geográficos y las revoluciones agrarias e industrial. Pero el desarrollo de las aplicaciones de la ciencia ha significado cada vez más un límite a la realización de esos valores. El individuo tuvo necesidad, ante la creciente industrialización, de formar parte de organizaciones complejas que circunscribieron sus actividades (máquinas de vapor individuales, fueron sustituidas por otras que

formaban parte de una unidad nacional que fue desbancada cuando apreció la energía atómica no susceptible de uso privado).

NOTA IMPORTANTE: LA PROGRAMACIÓN DE LA UNIDAD DIDÁCTICA ES LA MISMA QUE LA DEL TEMA 67.

www.eltemario.com