

HISTORIA



Y EPISTEMOLOGÍA DE LAS CIENCIAS

UN CURRÍCULO PARA EL ESTUDIO DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN SECUNDARIA (LA EXPERIENCIA DEL SEMINARIO OROTAVA DE HISTORIA DE LA CIENCIA)

HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, MIGUEL y PRIETO PÉREZ, JOSÉ L.
(con la colaboración de GONZÁLEZ EXÓSITO, MIGUEL ÁNGEL, MESA MEDINA, RITA,
SÁNCHEZ NAVARRO, JESÚS y TOLEDO PRATS, SERGIO) miembros del Seminario Orotava
de Historia de la Ciencia.
E-mail: mhgw@correo.rcanaria

SUMMARY

The curricula of two disciplines on History of Science at the High School level have been elaborated as part of the activities of a singular experience, Seminario Orotava de Historia de la Ciencia. The philosophy of the design considers science as an essential part of culture and interdisciplinarity as the most fitted method of teaching and learning in a significative way.

INTRODUCCIÓN

El estudio formalizado de los saberes científicos, tal y como se contempla en los programas académicos en

la actualidad, presenta una serie de graves inconvenientes.

En primer lugar, su desconexión, que obliga al alumnado a tratar las distintas materias como si fueran unidades aisladas en sí mismas. El saber aparece así desvertebrado y atomizado ante la mente del estudiante sin que éste tenga, en ningún momento, la oportunidad de entrever una visión global o de conjunto.

A través de esta percepción, su intelecto se va organizando en parcelas autónomas, carentes de la necesaria conexión y relación. La disciplinariedad se convierte así en un hábito deformado de entender la cultura y la realidad, carente de coherencia y sentido global. Es lo que se denomina *el cierre de la mente moderna*, caracterizado por la incapacidad para trascender el aislamiento y las particularidades disciplinarias.

El segundo de los inconvenientes proviene de la tendencia a convertir las ciencias en simples saberes operativos. El carácter funcional y práctico que el saber científico tiene en nuestras sociedades pivota sobre la operatividad del mismo y, en correlación con ello, el profesor tiende a que el alumno aprenda primariamente a operar y formular y sólo secundariamente a comprender. Las consecuencias inmediatas de tal quehacer generan en los estudiantes una carencia de flexibilidad y de profundidad reflexiva y una abundancia de mecanización y memorización cuyo resultado último es la pérdida del sentido del aprendizaje. Si, en el supuesto del apartado anterior, el alumnado pierde el sentido al carecer de una perspectiva global, aquí lo pierde al carecer de los mecanismos de comprensión y explicación para su hacer. Se convierte de este modo en un mero peón de resolución de problemas concretos. Se ahonda aún más el cierre de su mente.

El tercero es que, si bien explícitamente no se enseña la historia de la ciencia como tal, implícitamente aflora a través de los distintos contenidos y lo hace, en la mayor parte de las ocasiones, de forma inconexa y errada. Se transmiten así visiones deformadas difíciles de erradicar posteriormente y que acaban consolidándose como estereotipos o concepciones ideológicas alienantes.

El carácter dado, formalizado y terminal con el que es presentado el corpus científico, junto a los atributos de certeza y objetividad atribuidos a la ciencia, configuran ésta como algo absoluto y cerrado. Prestigio, verdad y objetividad se convierten en rasgos de una creencia que fácilmente desliza hacia el dogmatismo. La ciencia se transforma así en un sustitutivo de las religiones en las sociedades tecnificadas.

Finalmente, la parcelación de los conocimientos, la ausencia de inteligibilidad y de sentido y esa perspectiva deformada coadyuvan a impedir que el alumno adquiera una visión clara y comprensible de lo que es una ciencia. Una de las consecuencias más evidentes de tal impotencia es el enorme auge y crecimiento, en nuestros días y especialmente entre la juventud, de las creencias en las pseudociencias, los fenómenos paranormales, la magia y el ocultismo. La mente del alumno busca explicaciones de conjunto a preguntas que son explicables desde la ciencia pero que habitualmente no se abordan. La forma-

lización y el mecanicismo no satisfacen la inquietud de los jóvenes. Sólo una intelección viva, dinámica, cualitativa e imaginativa puede frenar el rápido avance de aquéllas.

EL USO DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA COMO MODO DE ENSEÑAR CIENCIA

El diagnóstico hecho en la introducción exige diseñar una estrategia terapéutica que parte de la convicción de que, por un lado, la única forma de aprender (y enseñar) de modo significativo descansa en la aprehensión de la génesis y evolución de los conceptos científicos y, por otro, de la conciencia clara de que éstos pertenecen al mundo de la historia y de la cultura (¿podría alguien mantener que la geometría griega no tiene nada que ver con los ideales de belleza y armonía de esta sociedad?, ¿o que la revolución científica culminada en Newton no tuvo impacto alguno en la idea de progreso que abanderó la Ilustración?, ¿se atrevería alguien a negar las repercusiones que sobre la ética, la economía, la política o la filosofía de nuestro siglo tienen las revoluciones cuántica, relativista e informática?). La aceptación de estas ideas no implica, sin embargo, que sean utilizadas por el profesorado en su práctica educativa diaria. Las razones hay que buscarlas en su incapacidad para hacerlo porque él mismo es un producto de una educación fragmentada y especializada.

Una aproximación histórica a las ciencias implica, pues, un giro radical en la forma de concebir éstas y en el modo de presentarlas y plantearlas al estudiante.

1) Es durante el siglo XIX cuando, a causa de su propio y desmesurado crecimiento, se fragmenta un cuerpo de saber hasta ese momento unificado que se desglosa en unidades aisladas y autónomas. Un enfoque historicista relativiza esta fragmentación y fuerza necesariamente la convivencia de la filosofía, la física, la matemática, la química o la biología. De esta manera la mente se obliga a la interrelación, la universalidad y la apertura.

2) El conocimiento comprensivo, explicativo, lo es por causas que se van encadenando hasta sus primeros orígenes, lo que nos conduce indefectiblemente al tipo de conocimiento denominado *genético*. El proceso investigador supone partir de un problema para hallar soluciones; el comprensivo funciona a la inversa: parte de las respuestas para indagar el problema y así unir ambos en un todo explicativo. Es éste el tipo de conocimiento propio de las ciencias humanas que se ven así obligadas a estar inmersas en la historia. Las ciencias positivas, desde el momento en que intenten trascender su propio positivismo (como necesariamente han de hacerlo en los procesos formativos), deben incorporar esa misma metodología. En su historia encuentra la ciencia la atalaya privilegiada desde la que explicar con sentido su actualidad.

3) La historia muestra cómo la ciencia es, al fin y al cabo, una construcción humana y, como tal, relativa. Evoluciona con las necesidades sociales, en tanto que instru-

mento privilegiado de la mente humana para resolver problemas, apropiarse de la naturaleza y dominarla. Como tal construcción humana es un tipo de saber ceñido a las posibilidades del hombre. Se ha ido erigiendo trabajosamente y con el sólo uso de la razón, desde el fondo oscuro de los mitos, las religiones y la magia, en un esfuerzo por delimitar territorios de conocimiento estrictamente humanos. Por ello es necesario defenderla tanto del absolutismo tecnocrático de nuestra época como de aquellos pseudosaberes que, encubiertos bajo el manto del prestigio cientifista y haciendo uso de ciertos aspectos del lenguaje de la ciencia, muestran el mismo rostro de irracionalidad presente a lo largo de buena parte de la historia de la humanidad.

4) Pese a esa relatividad, el conocimiento científico es uno de los exponentes máximos de la racionalidad de los humanos. Desde él adquirimos capacidad para conocer el mundo en su más amplia acepción y para enfrentar problemas que, de otro modo, serían irresolubles. La tensión entre la ciencia y sus usos ha marcado la propia historia de la humanidad; no es, pues, algo ajeno y marginal a ella.

EL DISEÑO DE UN CURRÍCULO DE HISTORIA DE LA CIENCIA EN LA ESO Y EN EL BACHILLERATO

La aplicación de este enfoque interdisciplinar, comprensivo y humanístico, al estudio de la ciencia, nos llevó a diseñar dos asignaturas para los niveles de la enseñanza secundaria obligatoria (ESO) y del bachillerato.

Historia de la ciencia (ESO)

Una materia optativa de historia de la ciencia en este nivel tiene, a nuestro juicio, que abandonar proyectos excesivamente ambiciosos y seleccionar una serie de contenidos sugestivos sobre los que actuar. Nos ha parecido que la contraposición entre ciencia y pseudociencia cumple este requisito esencial.

Partiendo de estas consideraciones, la asignatura se ha vertebrado según los criterios siguientes:

1) Es necesario contar con los conocimientos que los alumnos hayan asimilado o estén en proceso de asimilación en las áreas afectadas, seleccionando aquéllos que presenten mayor interés para conseguir los objetivos antes explicitados. Desde estos conocimientos, el profesor procurará conducir al alumno hacia un replanteamiento desde una nueva óptica. De los bloques de contenidos del área de matemáticas se han elegido los que hacen referencia a números y operaciones y a representación y organización del espacio, y del área de ciencias de la naturaleza los que llevan por título la estructura de las sustancias, los cambios químicos, la tierra y el universo y fuerzas y movimiento.

2) A partir de los conocimientos previos de los alumnos se intentará delimitar históricamente el surgimiento de

la matemática, como lenguaje, y de la física, química y biología como ciencias. Esta delimitación se realizará contraponiendo los rasgos que distinguen su carácter de ciencias frente a sus orígenes religiosos, mitológicos o mágicos. Las referencias a la pseudociencia serán, pues, constantes.

El contenido concreto de los bloques en los que hemos estructurado la asignatura es el que sigue.

Bloque 1: Ese saber llamado ciencia

La idea de *ciencia* tiene historia. Se hace necesario, pues, un esclarecimiento del mismo concepto de *ciencia*, que deja de tener existencia propia por encima del individuo para convertirse en un instrumento creado por él.

1.1. Ese saber llamado *mito*: la necesidad humana de buscar explicaciones.- La explicación mítica y religiosa. Principales cosmogonías.- El rito y la magia como respuesta a la necesidad de dominio sobre las fuerzas de la naturaleza.- Pervivencia a lo largo de la historia.- Su actualidad reencarnada en las pseudociencias.

1.2. Ese saber llamado *ciencia*: el tipo de explicación que aporta la ciencia.- La aparición de la ciencia en Grecia.- La consolidación de la ciencia en la modernidad.- Matematización y experimentación. Los rasgos definitorios de la ciencia en la actualidad.

1.3. El método como instrumento de delimitación de lo científico.- Naturaleza histórica del método.- La contraposición entre el método aristotélico y el galileano: su momento en la historia. El método científico en nuestros días.

1.4. La naturaleza ideológica de la ciencia: la ciencia al servicio de la dominación de la naturaleza.- Ciencia, técnica y economía.- La fragmentación de la unidad del saber en especialidades científicas.- El programa positivista de las ciencias.

Bloque 2: De la matemática empírica a la matemática teórica

La matemática surge entre las grandes culturas de la antigüedad con un sentido meramente práctico para resolver problemas de agrimensura, arquitectura, astronomía o contabilidad. Es la capacidad de abstracción del mundo griego quien inicia la reflexión teórica sobre el ser y la naturaleza de las matemáticas así como sobre sus posibilidades heurísticas y cognoscitivas. Al principio adquieren el carácter de práctica religiosa para la purificación del alma con el pitagorismo, pero progresivamente van desprendiéndose de las adherencias religiosas para irse convirtiendo en un poderoso instrumento de rigor y precisión del desenvolvimiento del discurso de la mente humana, tal y como se nos muestra en los *Elementos* de Euclides.

2.1. La matemática empírica: una perspectiva antropológica (contar y medir).- La invención de la escritura y la

numeración.- La matemática en las antiguas culturas: Egipto, Babilonia, China e India.- El método de la *antiphairesis*.

2.2. La aritmética en Grecia: la armonía musical pitagórica. Razón, analogía y proporción.- Los números figurados.- La divisibilidad. Teoría de pares e impares. Teoría de primos y compuestos.- La doctrina pitagórica: las cosas son números.

2.3. La geometría en Grecia: los teoremas de Tales y el concepto de *simetría*.- La determinación de áreas.- Las medias proporcionales. La sección áurea.- Las magnitudes irracionales.

2.4. Las matemáticas como ciencia teórica: prueba, demostración y aplicación.- El método de demostración indirecta.- Axiomas, postulados, nociones comunes y definiciones en los elementos de Euclides.- Arquímedes y el método.

2.5. Algunas ilustraciones de la aplicación de la matemática a los problemas físicos.- La ley óptica de la reflexión.- La medición de Eratóstenes del radio de la Tierra.- La distancia relativa de la Tierra al Sol y de la Tierra a la Luna según Aristarco de Samos.

Bloque 3: Cualidades ocultas, fuerzas y movimientos

El tema del movimiento ha ocupado el centro de la reflexión humana sobre la naturaleza del mundo físico. Se ha aceptado que regía un principio tácito de persistencia del lugar y que lo móvil, en consecuencia, exigía un principio motor (interno en el caso de seres animados y externo para los objetos inanimados).

Pretendemos, por un lado, deshacer este equívoco, clave para aproximarse a la esencia de la nueva física de Galileo y Newton y, por otro, esbozar algunas respuestas al inquietante interrogante: ¿Cómo es que un objeto parece actuar sobre otro con el que no está en aparente contacto?

3.1. Un mundo vivo lleno de cualidades ocultas.

3.2. El movimiento: las explicaciones en términos de una física de lugares naturales.- Movimientos naturales y violentos.- El motor.- Una física teleológica.

3.3. Separando movimientos y fuerzas: Galileo.- La inercia.- La fuerza no es la causa del movimiento sino de su modificación.

3.4. Fuerzas por contacto y acción a distancia.- Una física mecanicista: Descartes.- Newton y la gravitación: ¿una reintroducción de las cualidades ocultas?.- Faraday y Maxwell: la noción de *campo de fuerzas*.- La visión clásica del mundo.

Bloque 4: De la astrología a la astronomía

Parece fuera de toda duda que el hombre ha sentido (con razón) que su vida estaba mediatizada por los objetos

celestes (el ritmo del día y de la noche, las estaciones, las crecidas de las aguas, etc. así lo atestiguan).

Al mismo tiempo, los cielos han ejercido una fascinación permanente sobre la imaginación humana y en ellos el hombre ha proyectado lo mejor y lo peor de sí mismo.

La pretensión de este bloque es mostrar de qué modo se ha ido despersonalizando paulatinamente la región celeste hasta ser descrita por las mismas leyes que rigen los fenómenos terráqueos y en qué medida persisten aún en la imaginería popular creencias pseudocientíficas como la astrología.

4.1. La influencia del hombre sobre los cielos: una imagen antropomórfica del universo.- La relación entre macrocosmos y microcosmos.

4.2. La influencia de los cielos sobre los hombres: la observación de los cielos.- Las constelaciones y los signos del Zodíaco.- Los planetas.

4.3. La deshumanización de los cielos: desde un cosmos cerrado a un universo abierto. Copérnico, Kepler y Galileo.- Repercusiones de esta nueva visión.

4.4. Una sola física para los dos mundos: Newton y la ley de gravitación universal.

Bloque 5: La transmutación de los elementos. De la alquimia a la química

La alquimia ha sido interpretada desde varias perspectivas. Se la ha considerado como precursora de la química, pero también aparece relacionada estrechamente con la magia.

En el laboratorio del alquimista confluyeron materialismo y religiosidad tanto desde el punto de vista de método como de objetivos. La temática alquímica (purificar la materia y perfeccionar el mundo, preparar remedios que retardaran la vejez, curar las enfermedades y buscar la fuente de la eterna juventud, etc.) se prestaba a ello.

La alquimia alcanza un punto de inflexión con la figura de Paracelso, quien abre la puerta a una nueva filosofía: la iatroquímica. Lavoisier delimitará lo que ahora se conoce como química cuantificando y haciendo uso del método científico en los procesos químicos.

5.1. La alquimia: breve historia desde la antigüedad a Paracelso.- Conceptos y símbolos alquímicos.- El papel de la alquimia en las diferentes culturas.- Historias de alquimistas.

5.2. El problema de la transmutación de los elementos: la piedra filosofal y la idea de *sanar* los metales enfermos.- La alquimia y el hermetismo.- La relación de la alquimia con las obras de Platón y Aristóteles.

5.3. La transición a la química: la obra de Paracelso. La iatroquímica. La figura de Lavoisier: sus experiencias.

El empleo sistemático de la balanza: la cuantificación.- El «canto de cisne» de la alquimia: la teoría del flogisto.- El nacimiento de la química. La noción de *reacción química*.

Bloque 6: El problema de la génesis de los seres vivos

¿Puede organizarse la materia por sí misma? La idea de la generación espontánea ya estuvo presente en la antigüedad y conservó su influencia hasta el siglo XVII e incluso después.

Los trabajos de Pasteur resultaron definitivos a la hora de superar los postulados de la generación espontánea. Sus aportaciones al debate entre creacionismo y evolucionismo tuvieron una amplia repercusión, no sólo en el ámbito científico, sino también en el político y religioso.

6.1. La generación espontánea.- Su historia y evolución: de los seres superiores a los microorganismos.- Experiencias de Redi. Polémica entre Needham y Spallanzani.- Su relación con la biología del siglo XIX.

6.2. El conflicto entre creacionismo y evolucionismo: Darwin y la generación espontánea.- Repercusión social, implicaciones políticas y religiosas.- La generación espontánea y el vitalismo.

6.3. La figura de Pasteur. Sus experiencias: la generación espontánea en la obra de Pasteur.- Influencia de la experimentación microbiológica en el deterioro de la idea de generación espontánea.- La polémica con Felix Pouchet.- Consecuencias de la obra de Pasteur en la biología, la medicina y la industria.

Historia de la ciencia (bachillerato)

Si el programa de historia de la ciencia para la ESO tenía como fin último mostrar al alumno lo que es la ciencia y su diferencia con respecto a las pseudociencias, desde una perspectiva interdisciplinar y comprensiva, la historia de la ciencia para el bachillerato debe perseguir, desde la misma perspectiva, que el alumno capte los tres grandes modelos de ciencia que han existido a lo largo de la historia: el antiguo, el moderno y el contemporáneo.

El enfoque interdisciplinar se mantiene a través de un tratamiento unitario y coherente de las siguientes materias: filosofía, física, biología y medicina, y tecnología. En cuanto al acercamiento comprensivo, se sigue considerando también aquí la única aproximación metodológicamente válida a una historia de la ciencia que pretende ser explicativa.

La opción que se ha elegido para el bachillerato busca presentar la ciencia como un constructo humano y, por lo tanto, de carácter estrictamente relativo e historicista, en la línea de influencia marcada por el informe «Propositions pour l'enseignement de l'avenir» («Propuestas para una enseñanza del futuro»), elaborado por el Colegio de Francia, a solicitud del presidente de la República

Francesa. En el primero de sus principios se recoge lo siguiente: «Entre las funciones atribuidas a la cultura, una de las más importantes es sin duda el papel de técnica de defensa contra todas las formas de presión ideológica, política o religiosa: este instrumento de pensamiento libre puede permitir al ciudadano de hoy protegerse contra los abusos de los poderes simbólicos de los que es objeto, sean los de la publicidad, la propaganda y el fanatismo político y religioso. Esta orientación pedagógica debe tener por objeto desarrollar un respeto sin fetichismo a la ciencia como una forma acabada de actividad racional, a la vez que una vigilancia armada contra ciertos usos de la actividad científica y sus productos. Se trata de transmitir una actitud racional pero crítica ante la ciencia y sus abusos.»

Mantener una actitud racional y crítica supone, antes que nada, valorar la ciencia como un producto del intelecto y del trabajo humano a lo largo de la historia, pero también como un conocimiento abierto, en continua transformación, cambio y evolución. Como consecuencia, sus verdades y certezas no cabe situarlas por encima del espacio y el tiempo, sino inmersas en ellos, como le sucede a toda creación humana. Por ello mismo, la ciencia está sometida al ensayo y al error, y sus logros están siempre disponibles para ser sustituidos por otros nuevos. El carácter evolutivo y crecientemente abierto que está adquiriendo en nuestros días facilita esta concepción.

Resulta obvio que, si las ciencias son una creación cultural y están inmersas en su propia época, es necesario plantear un programa de historia de la ciencia que responda a los tres grandes períodos históricos, que son la antigüedad, la modernidad y la contemporaneidad.

Igualmente parece aconsejable, en contra de lo que se ha venido haciendo hasta ahora en la enseñanza, dedicar una mayor atención a la ciencia de nuestra época, de manera que abarque por sí sola la mitad de la asignatura. Su dificultad principal reside en la complejidad, mientras a su favor juega el mayor atractivo para los alumnos, que no suelen recibir información precisamente por aquel motivo. El aspecto clave para resolver el problema está en la selección de temas y en cómo se impartan. Por ello se ha llevado a cabo una selección que dé una imagen relativamente aproximada y próxima de la ciencia, como el descubrimiento del átomo, la teoría de la relatividad y sus paradojas, el universo en expansión o la teoría de la información, advirtiendo que, sin perder de vista el rigor en la explicación, el profesor debe huir de las formalizaciones complejas que escapen a la capacidad de comprensión de una persona de 17 años, para trabajar más con explicaciones intuitivas, ideativas o imaginativas, pensando en un nivel de lenguaje que busque más la difusión que el academicismo. La ciencia de nuestro siglo, como dice Ilya Prigogine, *debe encantar más que desilusionar*. Contiene los suficientes elementos de misterio y fascinación para seducir al alumno, sin por ello perder el racionalismo crítico que debe estar presente en la actitud que el profesor debe inculcarle a lo largo de todo el programa.

La asignatura que se presenta tiene en cuenta que la Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE) establece que el bachillerato proporcionará a los alumnos una madurez intelectual y humana, así como los conocimientos y habilidades que les permitan desempeñar sus funciones sociales con responsabilidad y competencia. Asimismo, les capacitará para acceder a la formación profesional de grado superior y los estudios universitarios. También señala que las materias comunes del bachillerato contribuirán a la formación general del alumnado, mientras que las materias propias de cada modalidad de bachillerato y las materias optativas le proporcionarán una formación más especializada, preparándole y orientándolo hacia estudios posteriores o hacia la actividad profesional.

La historia de la ciencia contribuye no sólo, con carácter general, a propiciar la madurez intelectual y humana del alumno, sino que específicamente posee un carácter introductorio para cualquier estudio científico posterior dado su enfoque interdisciplinar y su tratamiento global de los desarrollos científicos.

Al mismo tiempo ayuda a que los alumnos aprendan a analizar y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo y los antecedentes y factores que influyen en él; a comprender los elementos fundamentales de la investigación del método científico y a dominar los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales. Cumple así las tres grandes finalidades educativas del bachillerato: la de formación general, la propedéutica o preparatoria y la propiamente orientadora.

Pero además la asignatura busca presentar la evolución histórica de las ciencias desde una perspectiva humanística sirviendo de puente entre ciencias y humanidades. Por todo ello es continuadora de la historia de la ciencia de la ESO y, al margen de la diferencia de contenidos, existe un hilo conductor entre ambas en lo que respecta a enfoque y finalidades. La asignatura Historia de la ciencia del bachillerato se puede entender así como prolongación de la Historia de la ciencia de la ESO, pero también independiente de ella en lo que respecta a sus contenidos conceptuales.

En función de lo expuesto, la asignatura se articula alrededor de los cuatro bloques temáticos siguientes.

Bloque 1: La ciencia antigua: el universo cerrado y el mundo vivo

La ciencia antigua se desarrolla en la cultura griega y helenística a lo largo de más de diez siglos. Como introducción es necesario abrir el tema con esa nueva forma de plantarse ante la realidad que supone el *logos* o razón, como contraposición al resto de las culturas antiguas. La explicación que el profesor debe transmitir al alumno hace referencia a las razones de por qué la ciencia comienza en ese lugar específico que es Grecia, y en ese momento determinado de la historia. A partir de ahí se desenvuelven las preguntas de los presocráticos por el *arjé*, o principio, y las respuestas acerca de los

cuatro elementos como principios constitutivos a partir de los cuales explicar todo cuanto existe. La búsqueda terminada de esas explicaciones es lo que empuja a los filósofos griegos a elaborar tres modelos posibles de interpretación: el modelo matemático, el biológico y el mecánico. La ciencia helenística cierra el período clásico y abre otro nuevo, de desarrollo más especializado de las distintas ciencias: matemática, astronomía, medicina, etc. Finalmente, la concepción del cuerpo humano de la medicina antigua cierra y completa el tema.

- 1.1. Una nueva forma de preguntarse: el *logos*.
- 1.2. El problema del origen y constitución de la materia.
- 1.3. La concepción matemática del universo: pitagorismo y platonismo.
- 1.4. La concepción mecanicista del universo: el atomismo.
- 1.5. La concepción organicista del universo: el aristotelismo.
- 1.6. La ciencia helenística. Una cierta matematización del mundo físico.
- 1.7. La concepción del cuerpo humano desde Hipócrates a Galeno.

Bloque 2: La ciencia moderna: el universo abierto y el hombre máquina

La enseñanza de la ciencia moderna hay que articularla necesariamente alrededor de la revolución científica del siglo xvii. Para ello es necesario previamente hacer referencia a algunos aspectos básicos del período medieval para que el alumno sepa sobre qué y contra qué se hace dicha revolución. El profesor escogerá aquellos aspectos de la ciencia, la técnica y la religión que considere imprescindibles para hacer pertinente la explicación de la revolución científica. De ésta, es preciso no sólo mostrar cuáles son sus caracteres definitorios, sino los hitos a través de lo que representan las distintas figuras, hasta culminar en el newtonianismo y su proyección en la Ilustración y la revolución industrial. La división de las ciencias, la especialización, la aplicación progresiva del método experimental hacia todos los saberes, los avances en geología o las teorías transformistas, que tanta influencia van a tener en el siglo xix, son aspectos, entre otros, que se pueden tratar aquí. Conviene terminar el tema continuando con la línea abierta en el bloque anterior en lo que respecta al cuerpo humano con la concepción mecánica del mismo que transcurre por la cultura europea de la época.

- 2.1. Los precedentes: ciencia, técnica y religión en el medievo.
- 2.2. La revolución científica moderna: características.
- 2.3. Las aportaciones de Copérnico y Kepler.
- 2.4. Galileo: el método y la nueva mecánica.
- 2.5. Newton: la ley de gravitación universal.- El universo mecánico.

2.6. El cuerpo humano: Vesalio, Descartes y Harvey.

2.7. Técnica y nuevas ciencias en la Ilustración.

Bloque 3: La ciencia contemporánea I. El siglo XIX: energía, materia y vitalismo

La ciencia del siglo XIX conoce, por una parte, el apogeo del modelo clásico, pero, por otra, también se hacen visibles las primeras quiebras que terminarán desembocando en la crisis de fin de siglo y en el tránsito hacia un nuevo paradigma. De todos los temas que recorren un período dominado por el auge de las ciencias físicas, nos hemos centrado en la termodinámica, la electricidad y el magnetismo. Pero es que además, y en virtud de la generalización del método experimental, se constituyen decisivamente nuevas ciencias como la química o la biología, que a partir de ese momento van a jugar un papel crucial en la evolución de la ciencia. El evolucionismo va a marcar probablemente el hito más sobresaliente del período al construir un paradigma que hace posible una interpretación científica y coherente de la evolución de la vida y del hombre dentro de nuestro planeta. Va a animar también los primeros pasos en la genética, que eclosionará después en nuestro siglo y, más concretamente, en los últimos cincuenta años.

Finalmente no se puede olvidar que uno de los hechos más notables de la época, desde el punto de vista de la economía y la sociedad, es la generalización y ampliación de la revolución industrial, con los desarrollos técnicos consiguientes.

- 3.1. La química como ciencia y la figura de Lavoisier.
- 3.2. Los inicios de la termodinámica, la electricidad y el magnetismo.
- 3.3. La síntesis del electromagnetismo y la óptica en Maxwell.
- 3.4. El evolucionismo.- Antecedentes: el transformismo.- La figura de Darwin y sus teorías de la selección natural y la adaptación.- El conflicto con el creacionismo.
- 3.5. La generalización del método experimental y su aplicación a la biología.
- 3.6. La revolución industrial y el desarrollo de nuevas técnicas.
- 3.7. La visión clásica del mundo y su crisis.

Bloque 4: La ciencia contemporánea II. El siglo XX: el universo en evolución

La pluralidad y complejidad científica de nuestro siglo hace imposible abarcar todas sus posibilidades, por lo que es necesario escoger una línea que se pueda tratar con un mínimo de coherencia. La dificultad de temas de sumo interés, como la mecánica cuántica o la biogenética, obliga también a soslayar tales aspectos. Por otra

parte, aquéllos incluidos deben tratarse, como ya se advirtió en la introducción, de manera que el profesor haga un esfuerzo de difusión, manteniendo a la vez un mínimo de rigor. El cuerpo de conocimientos básicos que se ha elegido es el del átomo, la teoría de la relatividad y la visión del universo que de ella, y de la termodinámica se derivan, es decir, el universo en expansión. Se trata de una apuesta arriesgada pero fructífera para el alumno si se hace bien. El surgimiento de la teoría de la información, por la incidencia que sobre la informática y la cibernética tiene, es también digna de ser incluida, al menos en sus concepciones básicas. Finalmente parece necesario, como colofón de la asignatura, y por su actualidad, plantear y debatir las incidencias éticas y ecológicas que el desarrollo de las tecnologías están teniendo en nuestra vida y en nuestras sociedades.

- 4.1. El descubrimiento del átomo.
- 4.2. La teoría de la relatividad y sus paradojas.
- 4.3. El universo en expansión.
- 4.4. El principio de entropía y sus implicaciones.
- 4.5. El surgimiento de la teoría de la información.
- 4.6. Los problemas éticos de la ciencia y la técnica.
- 4.7. Los problemas ecológicos de la ciencia y la técnica.

LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO: LAS DOS CULTURAS

La LOGSE ha convertido la interdisciplinariedad en norte del «cambio educativo» pero no acaba de articular, a nuestro juicio, un mecanismo adecuado para formar al profesorado en la interdisciplinariedad y superar así ese hiato que Snow acuñó como el tajo entre las dos culturas.

Es en el terreno de la historia de las ciencias donde se puede, por las razones expuestas anteriormente, combatir en la práctica esa separación entre la cultura humanista y la cultura científica. En esa separación hemos sido educados los que ahora impartimos clases de ciencias o humanidades; resulta obvio, pues, plantearse una actuación decidida en el proceso de formación de los profesores y de los futuros profesores.

Sin embargo, no observamos ni cambios sustanciales en los nuevos planes de estudio de las carreras universitarias en los que esta disciplina sigue ausente, ni tampoco que los cursos de formación del profesorado, los cuales han puesto el énfasis en aspectos didácticos y metodológicos, hayan planteado a fondo la lucha contra la especialización deformante y deformadora de nuestros parcelados saberes, ni tampoco que se hayan preocupado suficientemente de la potenciación de las figuras del científico humanista y del humanista científico que, en nuestra filosofía, reivindicamos.

Guiados por esta filosofía se ha desarrollado en Tenerife una experiencia que, por lo que sabemos, no tiene muchos precedentes en nuestro país: reunir a lo largo de una veintena de sesiones anuales, repartidas en otras tantas semanas y con niveles de asistencia que rondan las 50 ó 60 personas, tanto a profesionales de la física, la matemática, la biología, la química, la filosofía, la historia e incluso la lengua y la literatura en los niveles de secundaria y universidad como a estudiantes universitarios de los últimos cursos, con la finalidad de ponerlos en contacto con la historia de la ciencia presentada desde una óptica multi e interdisciplinar.

El proyecto que –con el nombre de Seminario Orotava de Historia de la Ciencia y que recientemente se ha transformado en fundación– se mantiene activo desde hace siete años contemplaba al menos dos fases (la primera de

ellas formativa y la segunda, creativa) sin que ello quiera decir que ambas aparezcan como «momentos inconexos». Es lógico, sin embargo, que la formación haya primado en una primera etapa en la que se han desarrollado diversos cursos de formación (Historia de la geometría griega; De Arquímedes a Leibniz; De la ciencia triunfante a la pérdida de la certidumbre (1700-1900); La ciencia en el siglo xx; Ciencia y cultura en la Grecia arcaica; Ciencia y cultura en la Grecia clásica y helenística; Ciencia y cultura en las civilizaciones romana y árabe), que han ofrecido una panorámica amplia sobre momentos clave en la historia de la ciencia y que, sólo ahora, después de un cierto tiempo, la creación comience a ocupar un lugar central. La elaboración de estos currículos, la publicación de diversos artículos y la participación en varios proyectos europeos relacionados con investigaciones en historia de la ciencia así lo atestiguan.

BIBLIOGRAFÍA

ALLEA (All European Academies) (1998). *The role of History of Science in University Education*.

CONANT, J.B. (1957). *Harvard Case Histories in experimental Science*. Harvard: University Press.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA. *Bachillerato y ESO: Estructura y contenidos*.

PRIGOGINE, I. y STENGERS, I. (1983). *La nueva alianza (Metamorfosis de la ciencia)*. Madrid: Alianza.

PRIGOGINE, I. y STENGERS, I. (1990). *Entre el tiempo y la eternidad*. Madrid: Alianza.

Para la elaboración del programa de las asignaturas hemos consultado, entre otras, las siguientes obras:

BOYER, C. (1986). *Historia de las matemáticas*. Madrid: Alianza.

ELIADE, M. (1974). *Herreros y alquimistas*. Madrid: Alianza.

ESTEVA DE SAGRERA, J. (1991). *La química sagrada. De la alquimia a la química en el siglo xvii*. Madrid: Akal.

GARDNER, M. (1988). *La ciencia, lo bueno, lo malo y lo falso*. Madrid: Alianza.

GALILEI, G. (1994). *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo*. Madrid: Alianza.

GOMIS, A. (1992). *La biología en el siglo xix*. Madrid: Akal.

HULL, L. (1978). *Historia y filosofía de la ciencia*. Barcelona: Ariel.

KOYRE, A. (1977). *Del cosmos cerrado al universo abierto*. Madrid: Siglo XXI.

MASON, S. (1984). *Historia de las ciencias*. Madrid: Alianza.

PASTEUR, L. (1988). *Textos cardinales*. Barcelona: Península.

SERRES, M. (1991). *Historia de las ciencias*. Madrid: Cátedra.

[Artículo recibido en febrero de 1996 y aceptado en abril de 1999.]