

## La Historia de la Ciencia en la Secundaria

Miguel Hernández González (I.E.S Rafael Arozarena)

Coordinador de Actividades de Didáctica y Divulgación de la Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia

Una de las actividades de la FUNDACIÓN CANARIA OROTAVA es incorporar la Historia de la Ciencia en la Enseñanza Secundaria. A lo largo de la semana del 2 al 6 de Noviembre y dentro de un curso programado como parte de la actividad de un Proyecto Europeo (PENÉLOPE), además de presentar diversos enfoques sobre cómo desarrollar temas interdisciplinarios de historia de la ciencia, se ha pasado revista al estado actual de la enseñanza de la Historia de la Ciencia en nuestro país, en Inglaterra y en Francia.

La exploración llevada a cabo, en nuestro país, muestra que esta disciplina aparece muy poco incorporada a los programas de disciplinas como la Historia general o la Filosofía – caracterizadas como humanísticas – o a los de asignaturas científicas como Física, Química, Biología o Matemáticas. No es que existan en el proceso de formación de los alumnos dos culturas; realmente lo que sucede es que la cultura científica no tiene peso alguno; es casi inexistente.

Desde la FUNDACIÓN se ha intentado paliar esta ausencia y, al margen de los cursos de formación de profesores que a lo largo de su historia ha organizado y sigue organizando, ha confeccionado el currículo de dos asignaturas de Historia de la Ciencia que la Comunidad Autónoma Canaria ha apoyado. Nos parece interesante hacer algunas reflexiones sobre las razones que sustentaron la puesta en marcha de estas asignaturas porque creemos que éstas rebasan el estricto ámbito de la enseñanza organizada y tienen que ver con un tema de mayor alcance: la divulgación de la ciencia y la adquisición de una cultura científica colocada al mismo nivel que la cultura artística, literaria, etc.

### ¿De que modo se enseña y se aprende ciencia?

El estudio formalizado de la ciencia, tal y como

se contempla en los programas académicos en la actualidad, presenta una serie de graves inconvenientes.

a) 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.

b) 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 se apoya 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.

c) 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 estereoti-



pos 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 formalización 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 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?, ¿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 la teoría de la evolución o las revoluciones cuántica, relativista e informática?). La acepta-

ción 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.

El PROYECTO PENÉLOPE se ha articulado en torno a esta idea y en su declaración de intenciones señala: *Durante demasiado tiempo la historia de la ciencia ha sido un área olvidada del currículo de la educación secundaria y universitaria, situación desafortunada teniendo en cuenta el potencial de esta disciplina para alcanzar diversos e importantes objetivos educativos, algunos de los cuales vamos a detallar.*

### Una dimensión europea para la cultura

*El estudio de la historia de la ciencia muestra cómo las ideas y los descubrimientos traspasan las fronteras geográficas y culturales integrándose en las tradiciones nacionales. Por dar algunos ejemplos, Galileo, Descartes, Darwin, son figuras esenciales de la historia de la ciencia en*

DISCOVERY OF ELECTROMAGNETISM



*cualquier país de la Comunidad Europea donde se estudie dicha materia. En consecuencia, la historia de la ciencia es un vehículo provechoso para aportar una dimensión europea al currículo.*

### Forjar una cultura común

*En muchos sitios el aumento de especialización en las disciplinas fundamentales ha llevado a una fragmentación nociva del conocimiento; en especial, dentro de las ciencias de la naturaleza, áreas enteras de estudio se han aislado a sí mismas del contexto cultural común. En contra de esta tendencia se puede usar la historia de la ciencia como una contramedida eficaz capaz de ayudar a recolocar la ciencia dentro de un entramado cultural común. Los estudiantes de Humanidades también ganarían mucho mediante la apreciación de la ciencia como producto cultural y a la vez como fuerza influyente en los cambios históricos.*

### Atraer estudiantes hacia la ciencia

*En ciertas áreas la matriculación en los cursos de ciencias está disminuyendo. La mera posibilidad de que se perciba el sistema de conocimiento más fiable de que disponemos como fuente de atractivo debe constituir una seria preocupación para los educadores. Proporcionar a la ciencia una dimensión histórica y humana acrecienta la posibilidad de que se la considere más atractiva y, por tanto, sea así más accesible para un mayor número de estudiantes.*

### Un instrumento para la enseñanza de las ciencias

*Debe usarse la historia de la ciencia para dar una visión realista del funcionamiento del método científico. A menudo se ha criticado la enseñanza tradicional de la ciencia por presentar una visión aséptica tanto de su historia como del método científico. Al mostrar cómo se resolvieron problemas reales en contextos sociales reales, la historia de la ciencia puede contribuir a un aprendizaje eficaz sobre los aspectos internos y externos de las ciencias.*

### Valores epistémicos

*La historia de la ciencia, elaborada de forma apropiada, ha de emplearse para superar las visiones dogmáticas y triunfalistas del cambio científico. Enseña que la ciencia es un conjunto dinámico de ideas desarrollándose a través del tiempo. Revela cómo la ciencia es a la vez un proceso intelectual y social en el que se debaten y negocian las necesidades del conocimiento. La historia de la ciencia, quizás más que cualquier otra disciplina, nos provee de un antídoto contra el dogmatismo y nos da una lección de humildad.*

Este es el espíritu con el que están diseñadas las asignaturas de Historia de la Ciencia que aparecen con carácter optativo en el currículo de la Comunidad Canaria.

### 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.

### **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.

### **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, astrología 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 adque-



ren 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.

### 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,

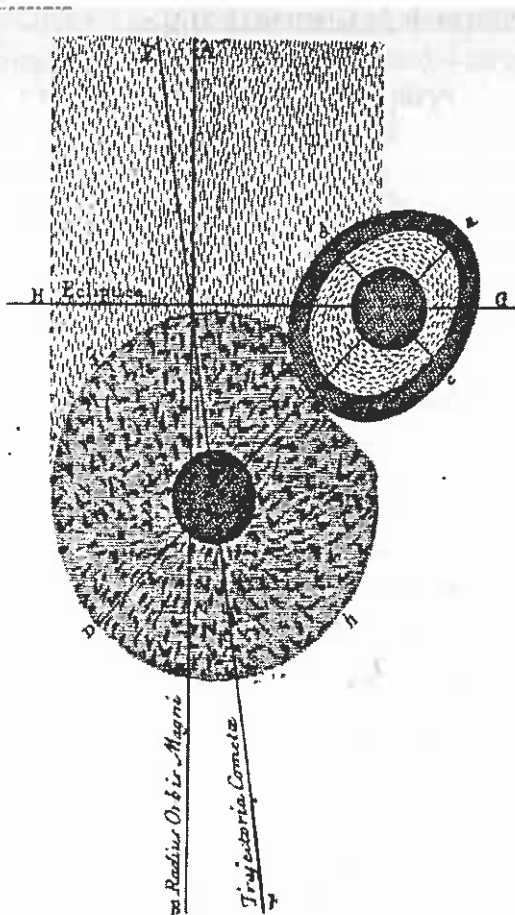


Figura procedente de la obra de William Whiston, *New theory of the Earth* (1696). Ilustra la causa natural del diluvio al pasar el cometa, que sigue la línea EF, cerca de la Tierra (ab). La atracción que ejerce el cometa provoca la forma ovalada de la Tierra, así como la rotura de la corteza terrestre, lo cual hace que salgan las aguas subterráneas uniéndose a las procedentes de la cola del cometa. Según los cálculos de Whiston el diluvio empezó a las 11 h. del 27 de noviembre del 2349 a. C.

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?.

### BLOQUE 4: DESDE 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.

### BLOQUE 5: LA TRANSMUTACIÓN DE LOS ELEMENTOS. DESDE 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 en el método como en los objetivos. La temática alquímica (purificar la materia y perfeccionar el mundo, preparar remedios que retardaran la vejez, curaran 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 cuan-

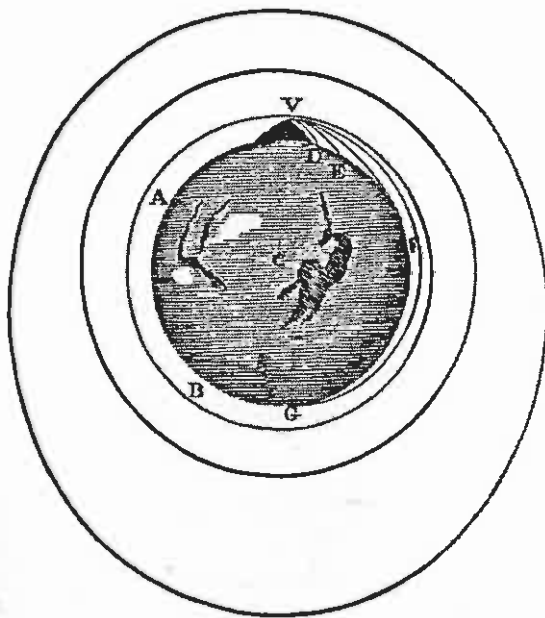


tificando y haciendo uso del método científico en los procesos químicos.

### 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.



### Historia de la Ciencia (Bachillerato)

Si el Programa de Historia de la Ciencia para la E.S.O 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 similar 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.

Se busca presentar la ciencia como un constructo humano, y por lo tanto de carácter estrictamente relativo e historicista. Mantener una actitud racional ante la ciencia supone, antes que nada, valorarla 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.

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 ella abarque por sí sola la mitad de la asignatura. La dificultad principal de este diseño reside en la complejidad, mientras a su favor juega el mayor atractivo para los alumnos, que no suelen recibir información sobre ella precisamente por aquel motivo. El aspecto clave para resolver el problema está en la selección de temas y en cómo se impartan. *La ciencia de nuestro siglo, como dice Ilya Prigogine, debe encantar más que desilusionar.* Contiene los suficientes elementos de misterio y fascinación como 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 Historia de la ciencia ayuda así 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 propedeútica o preparatoria y la propiamente orientadora.



**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 porqué 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 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 prolonga, en cierto sentido, 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.

**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 la teoría transformista, que tanta influencia va 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 recorre la cultura europea de la época.

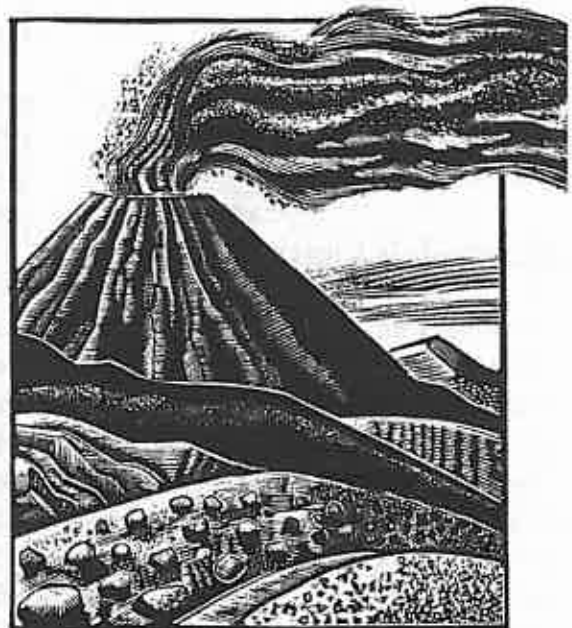
**BLOQUE 3: LA CIENCIA CONTEMPORÁNEA I. EL SIGLO XIX: ENERGÍA, MATERIA Y VITALISMO**

La ciencia del siglo XIX conoce, por una parte, el apogeo del modelo clásico, pero por otra, también se hacen visibles en él las primeras grietas que terminarán generando la crisis de fin de siglo y el tránsito hacia nuevas formas de pensamiento. En un período dominado por el auge de las ciencias físicas y por la extensión y generalización de la Revolución Industrial, la tendencia científica pre-

FIRST EDITION

**PRINCIPLES OF GEOLOGY**

VOLUME I



CHARLES LYELL



dominante trató de trasladar el marco explicativo de la mecánica a ámbitos como el calor, la luz, la electricidad y el magnetismo. Además, y en virtud de la extensión del método experimental, se constituyen y articulan 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 hito más relevante del período es, sin embargo, el que tiene como núcleo central el tema del tiempo. Durante este siglo se adquirirá



**1.1 Nicolas Leonard Sadi Carnot**  
(1796-1832).

na percepción nueva sobre la antigüedad del universo y sobre el momento en que apareció el hombre sobre la Tierra. La escala temporal experimentará una dilatación espectacular y ello permitirá encarar el problema de la aparición de los seres vivos desde una óptica nueva y profundamente revolucionaria, cuyas repercusiones tendrán un alcance insospechado. El evolucionismo fue, pues, la noción más importante del periodo haciendo 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.

#### **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 aquellos 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 digno de ser incluido, 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 está teniendo en nuestra vida y en nuestras sociedades.

Este artículo no se hubiera escrito sin la participación activa de las personas que han confeccionado los currículos de las asignaturas de Historia de la Ciencia (Miguel A. González, Rita Mesa, José L. Prieto, Jesús Sánchez y Sergio Toledo) de todos los que trabajan en el PROYECTO PENÉLOPE (Agustín Isidro de Lis, Carlos Mederos, José Montesinos, Mercedes Coderch, Ángeles Gutiérrez, J. Cartwright, C. Burek, X. Lefort y A. Boyè) y de los compañeros que, a lo largo de estos años, han participado en las sesiones del SEMINARIO OROTAVA. El material aquí incluido es, en gran medida, fruto de su trabajo.

