



**CIENCIAS PARA
EL MUNDO
CONTEMPORÁNEO**

APROXIMACIONES DIDÁCTICAS



**CIENCIAS PARA
EL MUNDO
CONTEMPORÁNEO**

APROXIMACIONES DIDÁCTICAS

Esta publicación, complementada con fichas de actividades para desarrollar en el aula, está disponible gratuitamente, en formato pdf, en el apartado de publicaciones de la página web: [@ http://www.fecyt.es](http://www.fecyt.es), con el fin de facilitar su acceso a la comunidad educativa.

Edita:

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT), 2008

Coordinación de contenidos:

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)

Instituto Superior de Formación del Profesorado (ISFP)

Redacción de textos:

José Mariano Bernal Martínez

Juan Fernández-Mayoralas Palomeque

Juan Luis García Hourcade

Daniel Gil Pérez

Emilio Pedrinaci Rodríguez

Antonio Ángel Pérez Sánchez

Amparo Vilches Peña

Jesús Zamora Bonilla

Edición a cargo de Cyan, Proyectos y Producciones Editoriales, S.A.

ISBN: 978-84-691-4166-3

Depósito legal: M-30082-2008

PRESENTACIÓN	7
REAL DECRETO 1467/2007	17
UNIDAD TEMÁTICA 1	45
La función educativa de las autoridades científicas: enseñar a aprender ciencias para la vida José Mariano Bernal Martínez	
UNIDAD TEMÁTICA 2	81
¿Pero qué hace una chica como tú en un sitio como éste? Lise Meitner y la fisión nuclear Juan Fernández-Mayoralas Palomeque	
UNIDAD TEMÁTICA 3	115
Nuestro lugar en el universo Juan Luis García Hourcade	
UNIDAD TEMÁTICA 4	157
El cambio climático: algo más que un riesgo Emilio Pedrinaci Rodríguez	
UNIDAD TEMÁTICA 5	233
La era del silicio Antonio Ángel Pérez Sánchez	
UNIDAD TEMÁTICA 6	275
De la emergencia planetaria a la construcción de un futuro sostenible Amparo Vilches Peña y Daniel Gil Pérez	
UNIDAD TEMÁTICA 7	329
Y tú, ¿en qué mundo vives? Jesús Zamora Bonilla	
RECURSOS EDUCATIVOS FECYT	341
RECURSOS DIDÁCTICOS DE APOYO AL PROFESORADO ..	355



PRESENTACIÓN

| Presentación

La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOE) incluye *Ciencias para el mundo contemporáneo* (CCMC) entre las materias comunes a las tres modalidades del Bachillerato: Artes, Ciencias y Tecnología, Humanidades y Ciencias Sociales.

El Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre (publicadas en el *BOE* de 6/11/2007) establece la estructura del Bachillerato y fija las enseñanzas mínimas para todas las materias, incluidas las de CCMC.

La inclusión de esta materia, con el carácter obligatorio y generalizado que ha dispuesto la LOE, supone un notable avance para la incorporación de la cultura científica a la formación ciudadana y constituye una excelente oportunidad para incorporar de una vez por todas la ciencia a la cultura.

La ciencia y la tecnología influyen de manera determinante en la sociedad desde hace más de 500 años. Ha redefinido no sólo procesos técnicos o tecnológicos, sino también sistemas económicos y estructuras sociales, y ha formado nuestra experiencia del mundo. Pero, sobre todo desde la Segunda Guerra Mundial, la sociedad habla a la ciencia, la interroga, le exige respuestas y soluciones. Hoy en día la ciencia y la tecnología son tan importantes para el estado del bienestar que la producción de conocimiento se ha convertido en una actividad social altamente distribuida y radicalmente reflexiva. Es decir, el conocimiento está cada vez más socializado y contextualizado, lo que, a su vez, provoca cambios en la constitución de la ciencia y en las prácticas investigadoras.

El nuevo modo de producción del conocimiento que está surgiendo afecta a qué conocimiento se produce y cómo, el contexto en que se prosigue, su forma de organización, el sistema de recompensas que usa y los mecanismos que controlan su calidad. El paso a esta nueva forma de producción del conocimiento se caracteriza por diversos aspectos. Si antes los problemas sólo se planteaban dentro de la estructura disciplinar, ahora se hace fundamentalmente en el contexto de aplicación, que exige cada vez más estructuras transdisciplinarias (de hecho, constantemente surgen nuevas disciplinas). Si antes había homogeneidad de intereses, instituciones (principalmente universidades) y actividades, ahora los intereses son heterogéneos. Si antes la estructura era jerárquica y autoritaria, ahora es más abierta, heterogénea y transitoria, con mayor interacción entre múltiples actores,



con mayor responsabilidad, que ahora es social, frente a la responsabilidad individual de la ciencia académica. Lo cual conduce a la última característica diferenciadora, aunque no sea menos importante, pues antes quien evaluaba los resultados era la propia comunidad científica y ahora tenemos una mayor gama de mecanismos de control en los cuales tienen cabida otros intereses, valores, etcétera.

Así pues, la participación de actores/agentes diferentes de los propios científicos en esta nueva forma de producción de conocimiento es evidente, por lo que resulta necesario eliminar las representaciones monolíticas de “ciencia” y de “público” o “ciudadano” y dar paso a la comprensión de las ciencias y de los diversos grupos de público. En este contexto, la educación científica y tecnológica de y para todos los ciudadanos y ciudadanas cobra una relevancia fundamental (ya sea reglada —preuniversitaria o universitaria— o no reglada, para menores o personas adultas).

Las ciencias y las tecnologías están hoy en el corazón de los debates sobre el porvenir de nuestras sociedades, pues condicionan el desarrollo industrial, modifican las formas de trabajar, transforman los saberes y la cultura, subvierten lo cotidiano, redefinen la concepción del derecho y remueven las cuestiones éticas fundamentales. Los conocimientos producidos modifican nuestra concepción del mundo y del ser humano: contribuyen tanto a la transformación de las relaciones con lo real como a la relación con los demás. Las aplicaciones y consecuencias de estos conocimientos revolucionan nuestro entorno y condicionan su futuro, tanto en la esfera pública como en la privada. Por tanto, la complejidad creciente de las sociedades contemporáneas exige de sus miembros una comprensión de los retos a los que se enfrenta. Y es la capacidad de aprehender el contenido y el alcance de las elecciones de la sociedad lo que hace de cada uno un agente activo o pasivo, lúcido o ciego de una evolución de la cual, conscientemente o no, participa y contribuye.

La prosperidad económica de una sociedad descansa sobre la formación y la información del pueblo, del número y cualificación de sus científicos y de sus ingenieros, de la excelencia de la mano de obra y la competencia en conjunto de su población. La adaptación rápida a los cambios científicos, técnicos e industriales es la clave para la mejora de la capacidad concurrente. Exige un desarrollo constante de competencias y habilidades nuevas; exige también a los ciudadanos, a los que van destinados los nuevos servicios y productos, que participen de ese movimiento de cualificación para apreciar el alcance y cómo dominar su empleo.

La mundialización de la economía, las novedades introducidas en el mundo del trabajo, la especialización por competencias no son más que facetas del proceso de racionalización engendrado por la globalización. Por todo ello, es preciso adaptarse rápidamente a la nueva dinámica para dominar

el flujo de información. En este contexto, los enlaces son fundamentales y la organización de redes es una necesidad para toda la organización económica, cultural y social que quiere adaptarse e influir la modernidad. En el contexto de una economía global en el que los componentes básicos son el conocimiento, la información, la especialización, la flexibilidad y las redes, toda organización, industria o empresa que no quiera quedarse atrás tiene que mejorar su competitividad. Para evitar este riesgo, es esencial dotarse de medios de difusión que garanticen el acceso a los saberes y faciliten la participación.

Complementariamente a estas circunstancias que enmarcan la ciencia en la sociedad y ponen de manifiesto la reciprocidad con que se benefician y desarrollan, es necesario reflexionar sobre la propia naturaleza de la ciencia, que es también cometido de la nueva materia, para no dejarla reducida a la concepción tópica de la ciencia como simplemente el resultado de la aplicación del llamado “método científico” para el descubrimiento de verdades incontrovertibles, concentrado en una relación de recetas que si bien tienen un indudable valor pedagógico y estructural del proceso de indagación, no siempre están relacionadas de manera determinante con los auténticos procesos creativos en la generación de conocimientos científicos. Como señala Alberto Galindo, presidente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, en sus reflexiones sobre “Los límites de la ciencia” (*Eidon*, nº 26, 2008, 6-10):

La ciencia natural es una empresa colectiva de creación de conocimiento basado en el método experimental, que se distingue por su carácter acumulativo, su universalidad, su reproducibilidad y su capacidad de generar progreso. Unas pocas generaciones, de entre miles son responsables de haber hecho posible, mediante la ciencia, una nueva sociedad. Definir como objetivo de la ciencia el entender este mundo que nos rodea sería, más que pretencioso, erróneo... La ciencia no sabe qué es la verdad. En la ciencia natural no hay certezas. El fin de la ciencia es simplemente meterse el mundo en la cabeza... Es lo que podríamos llamar un proceso de comprensión algorítmica, para el que las matemáticas son herramienta fundamental. La búsqueda científica no es tanto para desvelar lo que la naturaleza oculta con tanto celo, como para crear ex novo conceptos, conexiones, otros modos de imaginar las cosas. La facultad creativa ha sido esencial para el progreso científico.

Es preciso que la población adquiera una sensibilidad y predisposición hacia la ciencia en sí, hacia los productos de la ciencia, hacia la terminología y los conceptos con que se expresan los contenidos científicos, como un recurso para erradicar el analfabetismo científico, como en su día se hiciera respecto al analfabetismo instrumental; que entiendan la ciencia como lo que es, lo que pretende y los límites que la condicionan.

Por todo ello, la educación debe ser informada (aunque en temas complejos haya que simplificar, pero sin engañar), crítica y razonada, de habilidades (de modo que se facilite la mejora de nuestras facultades intelectuales y éticas), útil y participativa (tomar parte, no partido).

Las actuaciones tienen, pues, que ir encaminadas a una educación que permita el enriquecimiento intelectual y ético, pues muchas cuestiones “generales”, aparentemente “abstractas” o alejadas de la población afectan muy directamente a las personas. En efecto, la ciencia y la tecnología y sus avances afectan la vida cotidiana y hay que tener suficientes conocimientos para comprender esa ciencia y esa tecnología. Diariamente nos enfrentamos con temas públicos cuya discusión (y toma de decisiones que a veces atañen incluso a la vida privada, como la superpoblación, la inmigración, el consumo de gasolina o el uso de transporte público, etc.) exige ciertos conocimientos científicos básicos. Y no nos vale acudir al consejo de los expertos, porque cuando hay un tema controvertido, siempre hay expertos en ambos lados. Debemos ser capaces de entender de dónde proceden nuestra ciencia y nuestras tecnologías, en qué consisten, a qué intereses sirven (explícitos o no), quién tiene acceso a ellas, quién tiene el poder que configuran, a quién benefician y qué consecuencias y cambios producen.

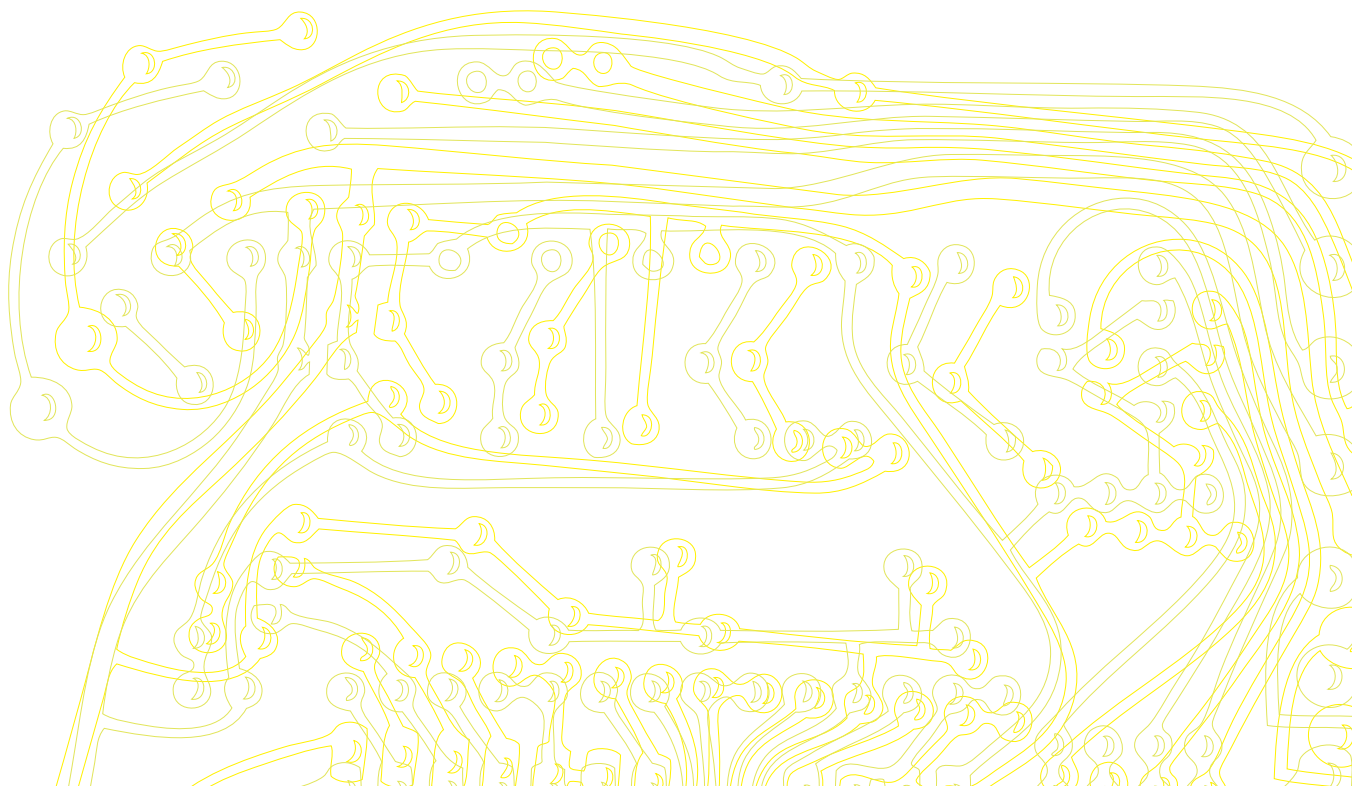
Hay que ser capaz de situar los nuevos conocimientos en un contexto tal (es decir, respondiendo a las preguntas anteriores) que se pueda dar un debate generalizado acerca de ellos y tomar parte en él, tomar decisiones o hacer que se tomen. En una sociedad cada vez más regida por procesos científicos y tecnológicos los ciudadanos y ciudadanas sólo podrán participar de manera inteligente en la dirección de esa sociedad de esa manera. Sólo así se puede sostener el compromiso de un país con la participación igualitaria informada en los asuntos públicos. Como decía Theodore Roszak, no es posible reconocer que lo que mueve el mundo y media en todo conocimiento confiable de la realidad está fuera del alcance de nuestra comprensión y, por consiguiente, de nuestro control, a la vez que se pretenden ejercer los derechos ciudadanos en una democracia.

CCMC es una magnífica plataforma para educar buenos ciudadanos y ciudadanas, plena y cabalmente capacitados para tomar decisiones racionales, teniendo en cuenta que además de los valores epistémicos que caracterizan los avances científicos, hay que tener en cuenta otros que son cruciales, como los valores tecnológicos, empresariales, militares, jurídicos, políticos, sociales, ecológicos, éticos y religiosos. No se debería pasar por el recorrido formativo escolar, obligatorio y postobligatorio, sin adquirir un mínimo de criterios, si queremos educar este tipo de ciudadanos.

El ya lejano informe Delors, publicado por la UNESCO en 1998, resumía las dimensiones de la educación en tres ámbitos: el ético y cultural, el científico

y tecnológico y el económico y social. Desde CCMC se pueden aportar contenidos formativos a todos ellos, considerados esenciales para la ciudadanía crítica, democrática y responsable. Para la ciudadanía que necesariamente está llamada a participar en acciones y toma de decisiones trascendentes para el desarrollo de la comunidad inmediata o global.

La materia CCMC, como asignatura en la enseñanza reglada, ha figurado, con diferentes denominaciones, en los currículos de diversos países europeos y americanos desde el último tercio del siglo XX. Se corresponde con iniciativas que se remontan a mediados del siglo XIX: a las propuestas acuñadas como “ciencia para todos”. William H. Brock, prestigioso investigador de la historia de la ciencia y de la enseñanza de las ciencias en la época victoriana —la correspondiente al reinado de la reina de Inglaterra Alejandrina Victoria I, de 1837 a 1901— afirma que aquella frase fue empleada por primera vez, en 1877, por el geógrafo y periodista Robert Brown, a propósito de la publicación de una enciclopedia de las ciencias. En pocas palabras puede decirse que los propagandistas de “ciencia para todos” coinciden en la necesidad de una cultura científica de la ciudadanía, bien a través de la divulgación en libros, revistas y otros medios de difusión, bien a través de una mayor atención a la enseñanza de las ciencias en escuelas y centros de Secundaria. La misma idea ha animado a muchos grupos desde entonces y la posibilidad de hacerla realidad se ha multiplicado desde entonces, gracias al uso de nuevas tecnologías. Los portales, páginas web, *blogs*, etc., dedicados a la ciencia son muchísimos y su número sigue creciendo cada día.



De los propósitos que han determinado la implantación de CCMC en los bachilleratos y la estructura con que ha sido propuesta, es ilustrativo el siguiente párrafo, por el alcance que se espera de estas enseñanzas y por la orientación que han de tener:

Los ciudadanos del siglo XXI, integrantes de la denominada “sociedad del conocimiento”, tienen el derecho y el deber de poseer una formación científica que les permita actuar como ciudadanos autónomos, críticos y responsables. Para ello es necesario poner al alcance de todos los ciudadanos esa cultura científica imprescindible y buscar elementos comunes en el saber que todos debemos compartir. El reto para una sociedad democrática es que la ciudadanía tenga conocimientos suficientes para tomar decisiones reflexivas y fundamentadas sobre temas científico-técnicos de incuestionable trascendencia social y poder participar democráticamente en la sociedad para avanzar hacia un futuro sostenible para la humanidad.

Esta materia, común para todo el alumnado, debe contribuir a dar respuesta adecuada a este reto, por lo que es fundamental que la aproximación a la misma sea funcional y trate de responder a interrogantes sobre temas de índole científica y tecnológica con gran incidencia social. No se puede limitar a suministrar respuestas, por el contrario ha de aportar los medios de búsqueda y selección de información relevante e irrelevante, de existencia o no de evidencia científica, etc. En definitiva, deberá ofrecer a los estudiantes la posibilidad de aprender a aprender, lo que les será de gran utilidad para su futuro en una sociedad sometida a grandes cambios, fruto de las revoluciones científico-tecnológicas y de la transformación de los modos de vida, marcada por intereses y valores particulares a corto plazo, que están provocando grandes problemas ambientales y a cuyo tratamiento y resolución pueden contribuir la ciencia y la tecnología.

Atendiendo a estas consideraciones, los contenidos de las enseñanzas mínimas de CCMC publicadas en el BOE de 6/11/2007 están distribuidos según los siguientes apartados: Nuestro lugar en el universo; Vivir más, vivir mejor; Hacia una gestión sostenible del planeta; Nuevas necesidades, nuevos materiales; La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento. Además de un bloque de contenidos comunes con carácter transversal para el tratamiento metodológico de los apartados anteriores y para la adquisición de una visión crítica de la ciencia y la tecnología, desde contenidos diferentes, fundamentada en el conocimiento de los procesos científico-tecnológicos y sus repercusiones sociales.

Se trata de una materia de carácter abierto, en la que a los contenidos propuestos pueden incorporarse otros que ocasionalmente tengan especial relevancia científica o social. Quizá fuera deseable abordar las enseñanzas

mediante procesos integradores en los que sea posible reconocer las influencias recíprocas, para bien y para mal, de la diversidad de temas científico-tecnológicos. Dada la novedad de la materia y, aunque se cuente con precedentes y referencias similares nacionales e internacionales, el enfoque didáctico con que el profesorado se identifique proporcionará, en unos años, una estimable riqueza de procesos de enseñanza-aprendizaje como sucede con las materias consolidadas en los currículos.

A partir de estas consideraciones, la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología y la Secretaría General de Educación, a través del Instituto Superior de Formación del Profesorado del Ministerio de Educación y Ciencia, decidieron contribuir a la implantación de CCMC formando un grupo de trabajo, compuesto por profesores que desde ámbitos distintos están relacionados con la nueva materia. La iniciativa con que abordamos la preparación de esta publicación, se orientó hacia la confección de algunas unidades temáticas, sin un patrón exclusivo para su elaboración, que permitiera poner a disposición del profesorado algunos contenidos de CCMC, incluyendo información, conocimientos y propuestas didácticas que puedan ser útiles en las aulas.

La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología y el Instituto Superior de Formación del Profesorado desean agradecer a José Mariano Bernal Martínez, Juan Fernández Mayoralas, Juan Luis García Hourcade, Daniel Gil, Emilio Pedrinacci, Antonio Ángel Pérez Sánchez, Amparo Vilches y Jesús Zamora Bonilla, autores de esta publicación, su colaboración, esfuerzo y entusiasmo en su elaboración.

Esperamos que la misma sirva de ayuda para quienes la utilicen.

ANTONIO MORENO GONZÁLEZ

Director

Instituto Superior de Formación del Profesorado (ISFP)

EULALIA PÉREZ SEDEÑO

Directora General

Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT)



REAL DECRETO 1467/2007

I. Disposiciones generales

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA

19184 *REAL DECRETO 1467/2007, de 2 de noviembre,
por el que se establece la estructura del bachillerato
y se fijan sus enseñanzas mínimas.*

La Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, en su artículo 34.3 dispone que corresponde al Gobierno, previa consulta a las comunidades autónomas, establecer la estructura de las modalidades del bachillerato, las materias específicas de cada modalidad y el número de estas materias que se deben cursar. Asimismo, en su artículo 6.2, establece que corresponde al Gobierno fijar las enseñanzas mínimas a las que se refiere la disposición adicional primera, apartado 2, letra c) de la Ley Orgánica 8/1985, de 3 de julio, reguladora del Derecho a la Educación. El objeto de este real decreto es establecer la estructura y las enseñanzas mínimas del bachillerato.

Esta etapa tiene como finalidad proporcionar al alumnado formación, madurez intelectual y humana, conocimientos y destrezas que les permitan progresar en su desarrollo personal y social e incorporarse a la vida activa y a la educación superior.

De acuerdo con lo previsto en el capítulo IV de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, el bachillerato se organiza en diferentes modalidades, con materias comunes, materias de modalidad y materias optativas que se orientan a la consecución de los objetivos, comunes a todas las modalidades, recogidos en la citada ley. Las modalidades se organizan en relación con los grandes ámbitos del saber y con las enseñanzas que constituyen la educación superior, tanto universitaria como no universitaria, que pueden cursarse después del bachillerato y han sido establecidas en la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

La finalidad de las enseñanzas mínimas es asegurar una formación común a todos los alumnos y alumnas dentro del sistema educativo español y garantizar la validez de los títulos correspondientes, como indica el artículo 6.2 de

la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Dicha formación facilitará la continuidad, progresión y coherencia del aprendizaje en caso de movilidad geográfica del alumnado.

En virtud de las competencias atribuidas a las administraciones educativas, corresponde a éstas establecer el currículo del bachillerato, del que formarán parte las enseñanzas mínimas fijadas en este real decreto y que requerirán, con carácter general, el 65 por ciento de los horarios escolares y el 55 por ciento para las comunidades autónomas que tengan lengua cooficial.

Los centros docentes juegan un papel activo en la determinación del currículo, puesto que, de acuerdo con lo establecido en el artículo 6.4 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, les corresponde desarrollar y completar, en su caso, el currículo establecido por las administraciones educativas. Esto responde al principio de autonomía pedagógica, de organización y de gestión que dicha ley atribuye a los centros educativos, con el fin de que el currículo sea un instrumento válido para dar respuesta a las características y a la realidad educativa de cada centro.

Los objetivos del bachillerato se definen para el conjunto de la etapa. En cada materia se describen sus objetivos, contenidos y criterios de evaluación. En la regulación que realicen las administraciones educativas, deberán incluir los objetivos, contenidos y criterios de evaluación, si bien la agrupación de los contenidos de cada materia establecida en este real decreto tiene como finalidad presentar los conocimientos de forma coherente.

En este real decreto se regula el horario escolar para las diferentes materias del bachillerato que corresponde a los contenidos básicos de las enseñanzas mínimas, los requisitos de acceso, la evaluación de los procesos de aprendizaje y las condiciones de promoción y titulación del alumnado. Asimismo, se establecen los elementos básicos de los documentos de evaluación de esta etapa, así como los requisitos formales derivados del proceso de evaluación que son precisos para garantizar la movilidad del alumnado.

Se introduce una novedad significativa en el proceso de validación de los aprendizajes. Así, al establecer la posibilidad de repetir el primer curso en determinadas condiciones pero avanzando contenidos del segundo, se logra optimizar el esfuerzo del alumnado reconociendo los aprendizajes demostrados. Esta previsión acerca el régimen académico de esta etapa al de otros estudios y supone una mayor flexibilidad.

Asimismo, se contempla la necesaria adaptación de estas enseñanzas a las personas adultas, así como al alumnado con altas capacidades intelectuales, o con necesidades educativas especiales.

En el proceso de elaboración de este real decreto han sido consultadas las comunidades autónomas y han emitido informe el Consejo Escolar del Estado, el Ministerio de Administraciones Públicas y la Agencia Española de Protección de Datos.

En su virtud, a propuesta de la Ministra de Educación y Ciencia, de acuerdo con el Consejo de Estado y previa deliberación del Consejo de Ministros en su reunión del día 2 de noviembre de 2007,

DISPONGO:

Artículo 1. *Principios generales*

1. El bachillerato forma parte de la educación secundaria postobligatoria y comprende dos cursos académicos. Se desarrolla en modalidades diferentes, se organiza de modo flexible y, en su caso, en distintas vías dentro de cada modalidad, a fin de que pueda ofrecer una preparación especializada al alumnado acorde con sus perspectivas e intereses de formación o permita la incorporación a la vida activa una vez finalizado el mismo.
2. Los alumnos y las alumnas podrán permanecer cursando bachillerato en régimen ordinario durante cuatro años, consecutivos o no.

Artículo 2. *Fines*

El bachillerato tiene como finalidad proporcionar a los estudiantes formación, madurez intelectual y humana, conocimientos y habilidades que les permitan desarrollar funciones sociales e incorporarse a la vida activa con responsabilidad y competencia. Asimismo, capacitará a los alumnos para acceder a la educación superior.

Artículo 3. *Objetivos del bachillerato*

El bachillerato contribuirá a desarrollar en los alumnos y las alumnas las capacidades que les permitan:

- a) Ejercer la ciudadanía democrática, desde una perspectiva global, y adquirir una conciencia cívica responsable, inspirada por los valores de la Constitución española así como por los derechos humanos, que fomente la corresponsabilidad en la construcción de una sociedad justa y equitativa y favorezca la sostenibilidad.
- b) Consolidar una madurez personal y social que les permita actuar de forma responsable y autónoma y desarrollar su espíritu crítico. Prever y resolver pacíficamente los conflictos personales, familiares y sociales.

- c) Fomentar la igualdad efectiva de derechos y oportunidades entre hombres y mujeres, analizar y valorar críticamente las desigualdades existentes e impulsar la igualdad real y la no discriminación de las personas con discapacidad.
- d) Afianzar los hábitos de lectura, estudio y disciplina, como condiciones necesarias para el eficaz aprovechamiento del aprendizaje, y como medio de desarrollo personal.
- e) Dominar, tanto en su expresión oral como escrita, la lengua castellana y, en su caso, la lengua cooficial de su comunidad autónoma.
- f) Expresarse con fluidez y corrección en una o más lenguas extranjeras.
- g) Utilizar con solvencia y responsabilidad las tecnologías de la información y la comunicación.
- h) Conocer y valorar críticamente las realidades del mundo contemporáneo, sus antecedentes históricos y los principales factores de su evolución. Participar de forma solidaria en el desarrollo y mejora de su entorno social.
- i) Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida.
- j) Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente.
- k) Afianzar el espíritu emprendedor con actitudes de creatividad, flexibilidad, iniciativa, trabajo en equipo, confianza en uno mismo y sentido crítico.
- l) Desarrollar la sensibilidad artística y literaria, así como el criterio estético, como fuentes de formación y enriquecimiento cultural.
- m) Utilizar la educación física y el deporte para favorecer el desarrollo personal y social.
- n) Afianzar actitudes de respeto y prevención en el ámbito de la seguridad vial.

Artículo 4. Acceso

1. Podrán acceder a los estudios de bachillerato quienes estén en posesión del título de Graduado en Educación Secundaria Obligatoria.

2. Quienes estén en posesión de los títulos de Técnico a los que se refieren los artículos 44.1 y 65.1 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, tendrán acceso directo a todas las modalidades del bachillerato.
3. Quienes estén en posesión del título de Técnico de Artes Plásticas y Diseño tendrán acceso al bachillerato en los términos previstos en el artículo 53.2 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

Artículo 5. *Estructura*

1. De acuerdo con lo que establece el artículo 34.1 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, las modalidades del bachillerato serán las siguientes:
 - Artes.
 - Ciencias y Tecnología.
 - Humanidades y Ciencias Sociales.
2. El bachillerato se organizará en materias comunes, materias de modalidad y materias optativas.
3. La modalidad de Artes se organizará en dos vías, referidas, una de ellas a Artes plásticas, diseño e imagen y la otra a Artes escénicas, música y danza.
4. Las modalidades de Ciencias y Tecnología y de Humanidades y Ciencias Sociales tendrán una estructura única. No obstante, dentro de cada una de ellas se podrán organizar bloques de materias, fijando en el conjunto de los dos cursos un máximo de tres materias de entre aquellas que configuren la modalidad respectiva.
5. En todo caso, los alumnos y las alumnas podrán elegir entre la totalidad de las materias de la modalidad que cursen. A estos efectos, los centros ofrecerán la totalidad de las materias y, en su caso, vías. Sólo se podrá limitar la elección de materias por parte del alumnado cuando haya un número insuficiente de ellos, según criterios objetivos establecidos previamente por las administraciones educativas. Cuando la oferta de materias en un centro quede limitada por razones organizativas, las administraciones educativas facilitarán que se pueda cursar alguna materia mediante la modalidad de educación a distancia o en otros centros escolares.
6. Cuando la oferta de vías de la modalidad de Artes en un mismo centro quede limitada por razones organizativas, lo regulado en el apartado anterior debe entenderse aplicable a las materias que integran la vía ofertada.
7. Las administraciones educativas establecerán las condiciones en las que un alumno o alumna que haya cursado el primer curso de bachillerato en

una determinada modalidad puede pasar al segundo en una modalidad distinta.

Artículo 6. *Materias comunes*

1. Las materias comunes del bachillerato tienen como finalidad profundizar en la formación general del alumnado, aumentar su madurez intelectual y humana y profundizar en aquellas competencias que tienen un carácter más transversal y favorecen seguir aprendiendo.
2. De acuerdo con lo que establece el artículo 34.6 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, las materias comunes del bachillerato serán las siguientes:
 - Ciencias para el mundo contemporáneo.
 - Educación física.
 - Filosofía y ciudadanía.
 - Historia de la filosofía.
 - Historia de España.
 - Lengua castellana y literatura y, si la hubiere, lengua cooficial y literatura.
 - Lengua extranjera.
3. Con el fin de facilitar la homogeneidad de las pruebas reguladas en el artículo 38 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, al menos las materias de Historia de la filosofía, Historia de España, Lengua castellana y literatura y Lengua extranjera deberán impartirse en segundo de bachillerato.

Artículo 7. *Materias de modalidad*

1. Las materias de modalidad del bachillerato tienen como finalidad proporcionar una formación de carácter específico vinculada a la modalidad elegida que oriente en un ámbito de conocimiento amplio, desarrolle aquellas competencias con una mayor relación con el mismo, prepare para una variedad de estudios posteriores y favorezca la inserción en un determinado campo laboral.
2. Las materias de la modalidad de Artes son las siguientes:
 - a) Artes plásticas, imagen y diseño.
 - Cultura audiovisual.
 - Dibujo artístico I y II.
 - Dibujo técnico I y II.
 - Diseño.
 - Historia del arte.

- Técnicas de expresión gráfico-plástica.
- Volumen.

b) Artes escénicas, música y danza.

- Análisis musical I y II.
- Anatomía aplicada.
- Artes escénicas.
- Cultura audiovisual.
- Historia de la música y de la danza.
- Literatura universal.
- Lenguaje y práctica musical.

3. Las materias de la modalidad de Ciencias y Tecnología son las siguientes:

- Biología.
- Biología y geología.
- Ciencias de la Tierra y medioambientales.
- Dibujo técnico I y II.
- Electrotecnia.
- Física.
- Física y química.
- Matemáticas I y II.
- Química.
- Tecnología industrial I y II.

4. Las materias de la modalidad de Humanidades y Ciencias Sociales son las siguientes:

- Economía.
- Economía de la empresa.
- Geografía.
- Griego I y II.
- Historia del arte.
- Historia del mundo contemporáneo.
- Latín I y II.
- Literatura universal.
- Matemáticas aplicadas a las ciencias sociales I y II.

5. Los alumnos y las alumnas deberán cursar en el conjunto de los dos cursos del bachillerato un mínimo de seis materias de modalidad, de las cuales al menos cinco deberán ser de la modalidad elegida.

6. Las administraciones educativas distribuirán las materias de modalidad en los dos cursos que componen el bachillerato garantizando que aquellas materias que, en virtud de lo dispuesto en el anexo I, requieran conocimientos

incluidos en otras materias se oferten con posterioridad. Solo podrán cursarse dichas materias tras haber cursado las materias previas con las que se vinculan o haber acreditado los conocimientos necesarios.

Artículo 8. *Materias optativas*

1. Las materias optativas en el bachillerato contribuyen a completar la formación del alumnado profundizando en aspectos propios de la modalidad elegida o ampliando las perspectivas de la propia formación general.
2. Las administraciones educativas regularán las materias optativas del bachillerato, de tal forma que el alumno o la alumna pueda elegir también como materia optativa al menos una materia de modalidad. La oferta de materias optativas deberá incluir una Segunda lengua extranjera y Tecnologías de la información y la comunicación.

Artículo 9. *Currículo*

1. Se entiende por currículo del bachillerato el conjunto de objetivos, contenidos, métodos pedagógicos y criterios de evaluación de estas enseñanzas.
2. El presente real decreto fija los aspectos básicos del currículo, que constituyen las enseñanzas mínimas del bachillerato a los que se refiere el artículo 6.2 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
3. Las administraciones educativas establecerán el currículo del bachillerato, del que formarán parte, en todo caso, las enseñanzas mínimas fijadas en este real decreto que requerirán el 65 por 100 de los horarios escolares o el 55 por 100 en las comunidades autónomas que tengan lengua cooficial.
4. Los centros docentes desarrollarán y completarán el currículo del bachillerato establecido por las administraciones educativas, concreción que formará parte del proyecto educativo al que hace referencia el artículo 121.1 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
5. Las actividades educativas en el bachillerato favorecerán la capacidad del alumnado para aprender por sí mismo, para trabajar en equipo y para aplicar los métodos de investigación apropiados.
6. Las administraciones educativas promoverán las medidas necesarias para que en las distintas materias se desarrollen actividades que estimulen el interés y el hábito de lectura y la capacidad de expresarse correctamente en público así como el uso de las tecnologías de la información y la comunicación.

Artículo 10. *Objetivos, contenidos y criterios de evaluación*

En el anexo I de este real decreto se fijan los objetivos de las materias comunes y de modalidad, así como los contenidos y criterios de evaluación de cada una de ellas.

Artículo 11. *Horario*

En el anexo II de este real decreto se establece, para las materias comunes y de modalidad del bachillerato, el horario escolar que corresponde a los contenidos básicos de las enseñanzas mínimas, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 6.3 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

Artículo 12. *Evaluación*

1. La evaluación del aprendizaje será continua y diferenciada según las distintas materias y se llevará a cabo teniendo en cuenta los diferentes elementos del currículo.
2. El alumnado podrá realizar una prueba extraordinaria de las materias no superadas, en las fechas que determinen las administraciones educativas.
3. El profesor de cada materia decidirá, al término del curso, si el alumno o la alumna ha superado los objetivos de la misma, tomando como referente fundamental los criterios de evaluación.
4. El equipo docente, constituido por los profesores de cada alumno o alumna coordinados por el profesor tutor, valorará su evolución en el conjunto de las materias y su madurez académica en relación con los objetivos del bachillerato así como, al final de la etapa, sus posibilidades de progreso en estudios posteriores.
5. Los profesores evaluarán tanto los aprendizajes del alumnado como los procesos de enseñanza y su propia práctica docente.

Artículo 13. *Promoción*

1. Al finalizar el primer curso, y como consecuencia del proceso de evaluación, el profesorado de cada alumno adoptará las decisiones correspondientes sobre su promoción al segundo curso.
2. Se promocionará al segundo curso cuando se hayan superado todas las materias cursadas o se tenga evaluación negativa en dos materias como máximo.

3. Quienes promocionen al segundo curso sin haber superado todas las materias, deberán matricularse de las materias pendientes del curso anterior. Los centros organizarán las consiguientes actividades de recuperación y la evaluación de las materias pendientes.

Artículo 14. *Permanencia de un año más en el mismo curso*

1. Los alumnos y las alumnas que no promocionen a segundo curso deberán permanecer un año más en primero, que deberán cursar de nuevo en su totalidad si el número de materias con evaluación negativa es superior a cuatro.
2. Quienes no promocionen a segundo curso y tengan evaluación negativa en tres o cuatro materias podrán optar por repetir el curso en su totalidad o por matricularse de las materias de primero con evaluación negativa y ampliar dicha matrícula con dos o tres materias de segundo en los términos que determinen las administraciones educativas. En todo caso estas materias de segundo no podrán requerir conocimientos incluidos en materias de primer curso no superadas, ya sea en función de lo dispuesto en el anexo I de este real decreto o en lo que dispongan las administraciones educativas para las materias comunes y optativas. La matrícula en estas materias de segundo tendrá carácter condicionado, siendo preciso estar en condiciones de promocionar a segundo dentro del curso escolar para que dichas materias puedan ser calificadas. El alumnado menor de edad deberá contar con la autorización de sus padres o tutores para este régimen singular de escolarización.
3. Los alumnos y las alumnas que al término del segundo curso tuvieran evaluación negativa en algunas materias podrán matricularse de ellas sin necesidad de cursar de nuevo las materias superadas.

Artículo 15. *Título de Bachiller*

1. Quienes cursen satisfactoriamente el bachillerato en cualquiera de sus modalidades recibirán el título de Bachiller, que tendrá efectos laborales y académicos.
2. Para obtener el título de Bachiller será necesaria la evaluación positiva en todas las materias de los dos cursos de bachillerato.
3. De acuerdo con lo que establece el artículo 50.2 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, el alumnado que finalice las enseñanzas profesionales de música y danza, obtendrá el título de Bachiller si supera las materias comunes del bachillerato.

Artículo 16. *Autonomía de los centros*

1. Al establecer el currículo del bachillerato, las administraciones educativas fomentarán la autonomía pedagógica y organizativa de los centros,

favorecerán el trabajo en equipo del profesorado y estimularán la actividad investigadora a partir de su práctica docente.

2. Los centros docentes desarrollarán y completarán el currículo adaptándolo a las características del alumnado y a su realidad educativa.
3. Los centros promoverán, así mismo, compromisos con el alumnado y con sus familias en los que se especifiquen las actividades que unos y otros se comprometen a desarrollar para facilitar el progreso educativo.
4. Los centros, en el ejercicio de su autonomía, podrán adoptar experimentaciones, planes de trabajo, formas de organización o ampliación del horario escolar en los términos que establezcan las administraciones educativas, sin que, en ningún caso, se impongan aportaciones a las familias ni exigencias para las administraciones educativas.

Disposición adicional primera. *Datos del alumnado y documentos oficiales de evaluación y movilidad*

1. Los documentos oficiales de evaluación del bachillerato son el expediente académico, las actas de evaluación, el informe personal por traslado y el historial académico de Bachillerato.
2. El historial académico de Bachillerato y el informe personal por traslado son los documentos básicos. Deberán recoger siempre la norma de la Administración educativa que establece el currículo correspondiente y, cuando hayan de surtir efectos fuera del ámbito de una comunidad autónoma cuya lengua tenga estatutariamente atribuido carácter oficial, se estará a lo dispuesto en el artículo 36.3 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento administrativo Común.
3. Los resultados de la evaluación se expresarán mediante calificaciones numéricas de cero a diez sin decimales, considerándose negativas las calificaciones inferiores a cinco. La nota media será la media aritmética de las calificaciones de todas las materias, redondeada a la centésima más próxima y en caso de equidistancia a la superior. En la convocatoria de la prueba extraordinaria, cuando el alumnado no se presente a dicha prueba, se consignará no presentado.
4. Las actas de evaluación se extenderán para cada uno de los cursos y se cerrarán al término del período lectivo ordinario y en la convocatoria de la prueba extraordinaria. Comprenderán la relación nominal del alumnado que compone el grupo junto con los resultados de la evaluación de las materias. En segundo curso figurará el alumnado con materias no superadas del curso anterior y recogerán la propuesta de expedición del título de Bachiller.

Serán firmadas por todo el profesorado del grupo y llevarán el visto bueno del director del centro. Los centros privados remitirán un ejemplar de las actas al Instituto de Educación Secundaria al que estén adscritos.

5. El historial académico de Bachillerato será extendido en impreso oficial y llevará el visto bueno del director y tiene valor acreditativo de los estudios realizados. Recogerá, al menos, los datos identificativos del estudiante, las materias cursadas en cada uno de los años de escolarización y los resultados de la evaluación en cada convocatoria (ordinaria o extraordinaria), la nota media del bachillerato, así como la información relativa a los cambios de centro.
6. Las administraciones educativas establecerán los procedimientos oportunos para garantizar la autenticidad de los documentos oficiales de evaluación, la integridad de los datos recogidos en los mismos, en especial en el historial académico de Bachillerato, así como su supervisión y custodia.
7. El informe personal por traslado es el documento en el que se consignará la información que resulte necesaria para la continuidad del proceso de aprendizaje del alumnado cuando se traslade a otro centro sin haber concluido el curso y contendrá los resultados de las evaluaciones parciales que se hubieran realizado.
8. La obtención y tratamiento de los datos personales del alumnado, y en particular los contenidos en los documentos oficiales a los que se refiere la presente disposición, su cesión de unos centros a otros y la adopción de medidas que garanticen la seguridad y confidencialidad de dichos datos, se someten a lo dispuesto en la legislación vigente en materia de protección de datos de carácter personal y en la Disposición adicional vigésimo tercera de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.

Disposición adicional segunda. *Educación de personas adultas*

1. De acuerdo con lo dispuesto en el artículo 69.4 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, corresponde a las administraciones educativas organizar periódicamente pruebas para que las personas mayores de veinte años puedan obtener directamente el título de Bachiller, siempre que demuestren haber alcanzado los objetivos del bachillerato, establecidos en el artículo 33 de la citada ley, así como los fijados en los aspectos básicos del currículo regulados en este real decreto. Dichas pruebas se organizarán de manera diferenciada según las modalidades del bachillerato.
2. Con el fin de adaptar la oferta del bachillerato al principio de flexibilidad que rige la educación de personas adultas, en la oferta que realicen las administraciones educativas para dichas personas adultas no será de aplicación lo dispuesto en el artículo 13 de este real decreto.

Disposición adicional tercera. *Enseñanzas de religión*

1. Las enseñanzas de religión se incluirán en el bachillerato de acuerdo con lo establecido en la disposición adicional segunda de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación.
2. Las administraciones educativas garantizarán que, al inicio del curso, los alumnos mayores de edad y los padres o tutores de los alumnos menores de edad puedan manifestar su voluntad de recibir o no recibir enseñanzas de religión.
3. La determinación del currículo de la enseñanza de religión católica y de las diferentes confesiones religiosas con las que el Estado español ha suscrito Acuerdos de Cooperación en materia educativa será competencia, respectivamente, de la jerarquía eclesiástica y de las correspondientes autoridades religiosas.
4. La evaluación de la enseñanza de la religión católica se realizará en los mismos términos y con los mismos efectos que la de las otras materias del bachillerato. La evaluación de la enseñanza de las otras confesiones religiosas se ajustará a lo establecido en los Acuerdos de Cooperación en materia educativa suscritos por el Estado español.
5. Con el fin de garantizar el principio de igualdad y la libre concurrencia, las calificaciones que se hubieran obtenido en la evaluación de las enseñanzas de religión no se computarán en la obtención de la nota media a efectos de acceso a la Universidad ni en las convocatorias para la obtención de becas y ayudas al estudio en que deban entrar en concurrencia los expedientes académicos.

Disposición adicional cuarta. *Enseñanzas del sistema educativo español impartidas en lenguas extranjeras*

1. Las administraciones educativas podrán autorizar que una parte de las materias del currículo se impartan en lenguas extranjeras sin que ello suponga modificación de los aspectos básicos del currículo regulados en este real decreto. En este caso, procurarán que a lo largo de ambos cursos se adquiera la terminología básica de las materias en ambas lenguas.
2. Los centros que impartan una parte de las materias del currículo en lenguas extranjeras aplicarán, en todo caso, los criterios para la admisión de alumnos establecidos en la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Entre tales criterios, no se incluirán requisitos lingüísticos.

Disposición adicional quinta. *Alumnado con altas capacidades intelectuales*

La escolarización del alumnado con altas capacidades intelectuales, identificado como tal por el personal con la debida cualificación y en los términos

que determinen las administraciones educativas, se flexibilizará, en los términos que determine la normativa vigente.

Disposición adicional sexta. *Alumnado con necesidades educativas especiales*

Las administraciones educativas establecerán las condiciones de accesibilidad y recursos de apoyo que favorezcan el acceso al currículo del alumnado con necesidades educativas especiales y adaptarán los instrumentos, y en su caso, los tiempos y apoyos que aseguren una correcta evaluación de este alumnado.

Disposición adicional séptima. *Correspondencia con otras enseñanzas*

1. Las normas que el gobierno dicte para regular los respectivos títulos de formación profesional, en los términos previstos por el Real Decreto 1538/2006, de 15 de diciembre, por el que se establece la ordenación general de la formación profesional en el sistema educativo, concretarán el régimen de reconocimiento recíproco entre materias del bachillerato y módulos de formación profesional.
2. En tanto dichas normas no se dicten, serán de aplicación las convalidaciones establecidas en el anexo IV del Real Decreto 777/1998, de 30 de abril, por el que se desarrollan determinados aspectos de la ordenación de la formación profesional en el ámbito del sistema educativo.
3. Asimismo, las normas que el gobierno dicte para regular los respectivos títulos de enseñanzas profesionales de artes plásticas y diseño, en los términos previstos por el Real Decreto 596/2007, de 4 de mayo, por el que se establece la ordenación general de las enseñanzas profesionales de artes plásticas y diseño, concretarán el régimen de reconocimiento recíproco entre materias del bachillerato y módulos de artes plásticas y diseño.
4. El Ministerio de Educación y Ciencia establecerá, con efectos para todo el Estado, el régimen de convalidaciones entre materias del bachillerato y asignaturas de las enseñanzas profesionales de música y de danza.
5. El Ministerio de Educación y Ciencia establecerá, para todo el Estado, los efectos que sobre la materia de Educación Física deba tener la condición de deportista de alto nivel y alto rendimiento a la que se refiere el Real Decreto 971/2007, de 13 de julio.

Disposición transitoria primera. *Aplicabilidad del Real Decreto 1700/1991, de 29 de noviembre, modificado por Real Decreto 3474/2000, de 29 de diciembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato, del Real Decreto 1178/1992, de 2 de octubre, modificado por Real Decreto 3474/2000, de 29 de*

diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de Bachillerato, y del Real Decreto 2438/1994, que regula la enseñanza de la religión

Hasta la implantación de la nueva ordenación del bachillerato establecida en este Real Decreto, de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 806/2006, de 30 de junio, por el que se establece el calendario de aplicación de la nueva ordenación del sistema educativo, las enseñanzas mínimas de esta etapa se regirán por lo establecido en el Real Decreto 1700/1991, de 29 de noviembre, modificado por Real Decreto 3474/2000, de 29 de diciembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato, en el Real Decreto 1178/1992, de 2 de octubre, modificado por Real Decreto 3474/2000, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de Bachillerato, y en el Real Decreto 2438/1994, de 16 de diciembre, que regula la enseñanza de la religión en lo que respecta a esta etapa.

Disposición transitoria segunda. *Aplicabilidad de otras normas*

Hasta la implantación de la nueva ordenación de la Educación primaria, la Educación secundaria obligatoria y el Bachillerato, de acuerdo con lo dispuesto en el Real Decreto 806/2006, de 30 de junio, por el que se establece el calendario de aplicación de la nueva ordenación del sistema educativo, el currículo de estas etapas educativas se regirán por lo establecido en el Real Decreto 1344/1991, de 6 de septiembre, que establece el currículo de la Educación Primaria, el Real Decreto 1345/1991, de 6 de septiembre, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria, modificado por el Real Decreto 1390/1995, de 4 de agosto, y el Real Decreto 937/2001, de 3 de agosto, y el Real Decreto 1179/1992, de 2 de octubre, que establece el currículo de bachillerato, modificado por el Real Decreto 938/2001, de 3 de agosto.

Asimismo, en tanto se adaptan las enseñanzas profesionales de artes plásticas y diseño a la previsiones contenidas en el Real Decreto 596/2007, de 4 de mayo, por el que se establece la ordenación general de las enseñanzas profesionales de artes plásticas y diseño, seguirán vigentes los Reales Decretos por los que se establecen los títulos de Técnico y Técnico Superior de Artes Plásticas y Diseño y las enseñanzas mínimas. En este sentido, se modifica el artículo 21.3 del Real Decreto 806/2006, de 30 de junio, por el que se establece el calendario de aplicación de la nueva ordenación del sistema educativo, de modo que la implantación de las enseñanzas de grado medio se iniciarán en el año académico 2008-2009 y la de las enseñanzas de grado superior en el año académico 2009-2010.

Disposición transitoria tercera. *Validez del libro de calificaciones de bachillerato*

Los libros de calificaciones de bachillerato tendrán los efectos de acreditación establecidos en la legislación vigente respecto a las enseñanzas cursadas

hasta la finalización del curso 2007-2008. Se cerrarán mediante diligencia oportuna al finalizar dicho curso y se inutilizarán las páginas restantes. Cuando la apertura del historial académico suponga la continuación del anterior libro de calificaciones de bachillerato, se reflejará la serie y el número de éste en dicho historial académico. Estas circunstancias se reflejarán también en el correspondiente expediente académico.

Disposición derogatoria única. *Derogación normativa*

1. Quedan derogados el Real Decreto 1700/1991, de 29 de noviembre, modificado por Real Decreto 3474/2000, de 29 de diciembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato, el Real Decreto 1178/1992, de 2 de octubre, modificado por Real Decreto 3474/2000, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de Bachillerato, y el Real Decreto 2438/1994, de 16 de diciembre, que regula la enseñanza de la religión.
2. Quedan derogados el Real Decreto 1344/1991, de 6 de septiembre, que establece el currículo de la Educación Primaria, el Real Decreto 1345/1991, de 6 de septiembre, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria, modificado por el Real Decreto 1390/1995, de 4 de agosto y el Real Decreto 937/2001, de 3 de agosto, y el Real Decreto 1179/1992, de 2 de octubre, que establece el currículo de Bachillerato, modificado por el Real Decreto 938/2001, de 3 de agosto.
3. Quedan derogados el Real Decreto 115/2004, de 23 de febrero, que establece el currículo de la Educación Primaria, el Real Decreto 116/2004, de 23 de febrero, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria, y el Real Decreto 117/2004, de 23 de febrero, que desarrolla la ordenación y establece el currículo del Bachillerato.
4. Queda derogada la Orden de 30 de octubre de 1992, por la que se establecen los elementos básicos de los informes de evaluación de las enseñanzas de régimen general reguladas por la Ley Orgánica 1/1990, de 3 de octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo, así como los requisitos formales derivados del proceso de evaluación que son precisos para garantizar la movilidad de los alumnos.
5. Quedan derogadas las demás normas de igual o inferior rango en cuanto se opongan a lo establecido en este real decreto.

Disposición final primera. *Prueba de acceso a la universidad*

Los apartados 1 y 5 del artículo 17 del Real Decreto 806/2006, de 30 de junio, por el que se establece el calendario de aplicación de la nueva ordenación del sistema educativo establecida por la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, quedan redactados de la siguiente manera:

«1. Antes del comienzo del curso 2008-2009, el Gobierno establecerá las características básicas de la prueba de acceso a la universidad, previa consulta a las comunidades autónomas e informe previo del Consejo de Universidades y del Consejo Escolar del Estado, en el ámbito de sus competencias.
2. Hasta el 30 de septiembre del año 2009 será de aplicación lo establecido en la Orden de 12 de junio de 1992, por la que se regulan las pruebas de aptitud para el acceso a las Facultades, Escuelas Técnicas Superiores y Colegios universitarios de alumnos con estudios extranjeros convalidables, modificada por la Orden de 13 de mayo de 1993 y la Orden de 4 de mayo de 1994, y sin perjuicio de la aplicación de lo previsto en el apartado 3 de este artículo.»

Disposición final segunda. *Carácter básico*

Este real decreto tiene carácter básico al amparo de las competencias que atribuye al Estado el artículo 149.1.1.^ª y 30.^ª de la Constitución, y se dicta en virtud de la habilitación que confiere al Gobierno el artículo 6.2 de la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, y la disposición adicional primera. 2. a) y c) de la Ley Orgánica 8/1985, de 3 de julio, reguladora del Derecho a la Educación. Se exceptúan del referido carácter básico el artículo 8, la disposición transitoria segunda y la disposición derogatoria en sus apartados 2 y 3.

Disposición final tercera. *Desarrollo normativo*

Corresponde al Ministro de Educación y Ciencia dictar, en el ámbito de sus competencias, cuantas disposiciones sean precisas para la ejecución y desarrollo de lo establecido en este real decreto.

Disposición final cuarta. *Entrada en vigor*

El presente Real Decreto entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado».

Dado en Madrid, el 2 de noviembre de 2007.

JUAN CARLOS R.

La Ministra de Educación y Ciencia,
MERCEDES CABRERA CALVO-SOTELO

ANEXO I

MATERIAS DE BACHILLERATO

I. Materias comunes

Ciencias para el mundo contemporáneo

A partir de la segunda mitad del siglo XIX, y a lo largo del siglo XX, la humanidad ha adquirido más conocimientos científicos y tecnológicos que en toda su historia anterior. La mayor parte de estos conocimientos han dado lugar a numerosas aplicaciones que se han integrado en la vida de los ciudadanos, quienes las utilizan sin cuestionar, en muchos casos, su base científica, la incidencia en su vida personal o los cambios sociales o medioambientales que se derivan de ellas.

Los medios de comunicación presentan de forma casi inmediata los debates científicos y tecnológicos sobre temas actuales. Cuestiones como la ingeniería genética, los nuevos materiales, las fuentes de energía, el cambio climático, los recursos naturales, las tecnologías de la información, la comunicación y el ocio o la salud son objeto de numerosos artículos e, incluso, de secciones especiales en la prensa.

Los ciudadanos del siglo XXI, integrantes de la denominada «sociedad del conocimiento», tienen el derecho y el deber de poseer una formación científica que les permita actuar como ciudadanos autónomos, críticos y responsables. Para ello es necesario poner al alcance de todos los ciudadanos esa cultura científica imprescindible y buscar elementos comunes en el saber que todos deberíamos compartir. El reto para una sociedad democrática es que la ciudadanía tenga conocimientos suficientes para tomar decisiones reflexivas y fundamentadas sobre temas científico-técnicos de incuestionable trascendencia social y poder participar democráticamente en la sociedad para avanzar hacia un futuro sostenible para la humanidad.

Esta materia, común para todo el alumnado, debe contribuir a dar una respuesta adecuada a ese reto, por lo que es fundamental que la aproximación a la misma sea funcional y trate de responder a interrogantes sobre temas de índole científica y tecnológica con gran incidencia social. No se puede limitar a suministrar respuestas, por el contrario ha de aportar los medios de búsqueda y selección de información, de distinción entre información relevante e irrelevante, de existencia o no de evidencia científica, etc. En definitiva, deberá ofrecer a los estudiantes la posibilidad de aprender a aprender, lo que les será de gran utilidad para su futuro en una sociedad sometida a grandes cambios, fruto de las revoluciones científicotecnológicas y de la transformación de los modos de vida, marcada por intereses y valores particulares a corto plazo, que están provocando graves problemas ambientales y a cuyo tratamiento y resolución pueden contribuir la ciencia y la tecnología.

Además, contribuye a la comprensión de la complejidad de los problemas actuales y las formas metodológicas que utiliza la ciencia para abordarlos, el significado de las teorías y modelos como explicaciones humanas a los fenómenos de la naturaleza, la provisionalidad del conocimiento científico y sus límites. Asimismo, ha de incidir en la conciencia de que la ciencia y la tecnología son actividades humanas incluidas en contextos sociales, económicos y éticos que les transmiten su valor cultural. Por otra parte, el enfoque debe huir de una ciencia academicista y formalista, apostando por una ciencia no exenta de rigor. Pero que tenga en cuenta los contextos sociales y el modo en que los problemas afectan a las personas de forma global y local.

Estos principios presiden la selección de los objetivos, contenidos y criterios de evaluación de la materia. Todos estos elementos están dirigidos a tratar de lograr tres grandes finalidades: conocer algunos aspectos de los temas científicos actuales objeto de debate con sus implicaciones pluridisciplinares y ser consciente de las controversias que suscitan; familiarizarse con algunos aspectos de la naturaleza de la ciencia y el uso de los procedimientos más comunes que se utilizan para abordar su conocimiento; y adquirir actitudes de curiosidad, antidogmatismo, tolerancia y tendencia a fundamentar las afirmaciones y las refutaciones.

Los contenidos giran alrededor de la información y la comunicación, la necesidad de caminar hacia la sostenibilidad del planeta, la salud como resultado de factores ambientales y responsabilidad personal, los avances de la genética y el origen del universo y de la vida. Todos ellos interesan a los ciudadanos, son objeto de polémica y debate social y pueden ser tratados desde perspectivas distintas, lo que facilita la comprensión de que la ciencia no afecta sólo a los científicos, sino que forma parte del acervo cultural de todos.

OBJETIVOS

La enseñanza de las Ciencias para el mundo contemporáneo en el bachillerato tendrá como objetivo el desarrollo de las siguientes capacidades:

1. Conocer el significado cualitativo de algunos conceptos, leyes y teorías, para formarse opiniones fundamentadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas, que tengan incidencia en las condiciones de vida personal y global y sean objeto de controversia social y debate público.
2. Plantearse preguntas sobre cuestiones y problemas científicos de actualidad y tratar de buscar sus propias respuestas, utilizando y seleccionando de forma crítica información proveniente de diversas fuentes.
3. Obtener, analizar y organizar informaciones de contenido científico, utilizar representaciones y modelos, hacer conjeturas, formular hipótesis y realizar

reflexiones fundadas que permitan tomar decisiones fundamentadas y comunicarlas a los demás con coherencia, precisión y claridad.

4. Adquirir un conocimiento coherente y crítico de las tecnologías de la información, la comunicación y el ocio presentes en su entorno, propiciando un uso sensato y racional de las mismas para la construcción del conocimiento científico, la elaboración del criterio personal y la mejora del bienestar individual y colectivo.
5. Argumentar, debatir y evaluar propuestas y aplicaciones de los conocimientos científicos de interés social relativos a la salud, el medio ambiente, los materiales, las fuentes de energía, el ocio, etc., para poder valorar las informaciones científicas y tecnológicas de los medios de comunicación de masas y adquirir independencia de criterio.
6. Poner en práctica actitudes y valores sociales como la creatividad, la curiosidad, el antidogmatismo, la reflexión crítica y la sensibilidad ante la vida y el medio ambiente, que son útiles para el avance personal, las relaciones interpersonales y la inserción social.
7. Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de la calidad de vida, reconociendo sus aportaciones y sus limitaciones como empresa humana cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas al contexto cultural, social y económico en el que se desarrollan.
8. Reconocer en algunos ejemplos concretos la influencia recíproca entre el desarrollo científico y tecnológico y los contextos sociales, políticos, económicos, religiosos, educativos y culturales en que se produce el conocimiento y sus aplicaciones.

CONTENIDOS

1. Contenidos comunes:

- Distinción entre las cuestiones que pueden resolverse mediante respuestas basadas en observaciones y datos científicos de aquellas otras que no pueden solucionarse desde la ciencia.
- Búsqueda, comprensión y selección de información científica relevante de diferentes fuentes para dar respuesta a los interrogantes, diferenciando las opiniones de las afirmaciones basadas en datos.
- Análisis de problemas científico-tecnológicos de incidencia e interés social, predicción de su evolución y aplicación del conocimiento en la búsqueda de soluciones a situaciones concretas.
- Disposición a reflexionar científicamente sobre cuestiones de carácter científico y tecnológico para tomar decisiones responsables en contextos personales y sociales.

- Reconocimiento de la contribución del conocimiento científico-tecnológico a la comprensión del mundo, a la mejora de las condiciones de vida de las personas y de los seres vivos en general, a la superación de la obviedad, a la liberación de los prejuicios y a la formación del espíritu crítico.
- Reconocimiento de las limitaciones y errores de la ciencia y la tecnología, de algunas aplicaciones perversas y de su dependencia del contexto social y económico, a partir de hechos actuales y de casos relevantes en la historia de la ciencia y la tecnología.

2. Nuestro lugar en el Universo:

- El origen del Universo. La génesis de los elementos: polvo de estrellas. Exploración del sistema solar.
- La formación de la Tierra y la diferenciación en capas. La tectónica global.
- El origen de la vida. De la síntesis prebiótica a los primeros organismos: principales hipótesis.
- Del fijismo al evolucionismo. La selección natural darwiniana y su explicación genética actual.
- De los homínidos fósiles al Homo sapiens. Los cambios genéticos condicionantes de la especificidad humana.

3. Vivir más, vivir mejor:

- La salud como resultado de los factores genéticos, ambientales y personales. Los estilos de vida saludables.
- Las enfermedades infecciosas y no infecciosas. El uso racional de los medicamentos. Transplantes y solidaridad.
- Los condicionamientos de la investigación médica. Las patentes. La sanidad en los países de nivel de desarrollo bajo.
- La revolución genética. El genoma humano. Las tecnologías del ADN recombinante y la ingeniería genética. Aplicaciones.
- La reproducción asistida. La clonación y sus aplicaciones. Las células madre. La Bioética.

4. Hacia una gestión sostenible del planeta:

- La sobreexplotación de los recursos: aire, agua, suelo, seres vivos y fuentes de energía. El agua como recurso limitado.
- Los impactos: la contaminación, la desertización, el aumento de residuos y la pérdida de biodiversidad. El cambio climático.
- Los riesgos naturales. Las catástrofes más frecuentes. Factores que incrementan los riesgos.
- El problema del crecimiento ilimitado en un planeta limitado. Principios generales de sostenibilidad económica, ecológica y social. Los compromisos internacionales y la responsabilidad ciudadana.

5. Nuevas necesidades, nuevos materiales:

- La humanidad y el uso de los materiales. Localización, producción y consumo de materiales: control de los recursos.
- Algunos materiales naturales. Los metales, riesgos a causa de su corrosión. El papel y el problema de la deforestación.
- El desarrollo científico-tecnológico y la sociedad de consumo: agotamiento de materiales y aparición de nuevas necesidades, desde la medicina a la aeronáutica.
- La respuesta de la ciencia y la tecnología. Nuevos materiales: los polímeros. Nuevas tecnologías: la nanotecnología.
- Análisis medioambiental y energético del uso de los materiales: reducción, reutilización y reciclaje. Basuras.

6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento:

- Procesamiento, almacenamiento e intercambio de la información. El salto de lo analógico a lo digital.
- Tratamiento numérico de la información, de la señal y de la imagen.
- Internet, un mundo interconectado. Compresión y transmisión de la información. Control de la privacidad y protección de datos.
- La revolución tecnológica de la comunicación: ondas, cable, fibra óptica, satélites, ADSL, telefonía móvil, GPS, etc. Repercusiones en la vida cotidiana.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

1. Obtener, seleccionar y valorar informaciones sobre distintos temas científicos y tecnológicos de repercusión social y comunicar conclusiones e ideas en distintos soportes a públicos diversos, utilizando eficazmente las tecnologías de la información y comunicación, para formarse opiniones propias argumentadas.

Se pretende evaluar la capacidad del alumnado para realizar las distintas fases (información, elaboración, presentación) que comprende la formación de una opinión argumentada sobre las consecuencias sociales de temas científico-tecnológicos como investigación médica y enfermedades de mayor incidencia, el control de los recursos, los nuevos materiales y nuevas tecnologías frente al agotamiento de recursos, las catástrofes naturales, la clonación terapéutica y reproductiva, etc., utilizando con eficacia los nuevos recursos tecnológicos y el lenguaje específico apropiado.

2. Analizar algunas aportaciones científico-tecnológicas a diversos problemas que tiene planteados la humanidad, y la importancia del contexto

político-social en su puesta en práctica, considerando sus ventajas e inconvenientes desde un punto de vista económico, medioambiental y social.

Se trata de evaluar si el alumnado es capaz de analizar aportaciones realizadas por la ciencia y la tecnología como los medicamentos, la investigación embrionaria, la radioactividad, las tecnologías energéticas alternativas, las nuevas tecnologías, etc. para buscar soluciones a problemas de salud, de crisis energética, de control de la información, etc., considerando sus ventajas e inconvenientes así como la importancia del contexto social para llevar a la práctica algunas aportaciones, como la accesibilidad de los medicamentos en el Tercer Mundo, los intereses económicos en las fuentes de energía convencionales, el control de la información por los poderes, etc.

3. Realizar estudios sencillos sobre cuestiones sociales con base científico-tecnológica de ámbito local, haciendo predicciones y valorando las posturas individuales o de pequeños colectivos en su posible evolución.

Se pretende evaluar si el alumnado puede llevar a cabo pequeñas investigaciones sobre temas como la incidencia de determinadas enfermedades, el uso de medicamentos y el gasto farmacéutico, el consumo energético o de otros recursos, el tipo de basuras y su reciclaje, los efectos locales del cambio climático, etc., reconociendo las variables implicadas y las acciones que pueden incidir en su modificación y evolución, y valorando la importancia de las acciones individuales y colectivas, como el ahorro, la participación social, etc.

4. Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la comprensión y resolución de los problemas de las personas y de su calidad de vida, mediante una metodología basada en la obtención de datos, el razonamiento, la perseverancia y el espíritu crítico, aceptando sus limitaciones y equivocaciones propias de toda actividad humana.

Se pretende conocer si el alumnado ha comprendido la contribución de la ciencia y la tecnología a la explicación y resolución de algunos problemas que preocupan a los ciudadanos relativos a la salud, el medio ambiente, nuestro origen, el acceso a la información, etc., y es capaz de distinguir los rasgos característicos de la investigación científica a la hora de afrontarlos, valorando las cualidades de perseverancia, espíritu crítico y respeto por las pruebas. Asimismo, deben saber identificar algunas limitaciones y aplicaciones inadecuadas debidas al carácter falible de la actividad humana.

5. Identificar los principales problemas ambientales, las causas que los provocan y los factores que los intensifican; predecir sus consecuencias y argumentar sobre la necesidad de una gestión sostenible de la Tierra, siendo conscientes de la importancia de la sensibilización ciudadana para actuar sobre los problemas ambientales locales.

Se trata de evaluar si conocen los principales problemas ambientales, como el agotamiento de los recursos, el incremento de la contaminación, el cambio climático, la desertización, los residuos y la intensificación de las catástrofes; saben establecer relaciones causales con los modelos de desarrollo dominantes, y son capaces de predecir consecuencias y de argumentar sobre la necesidad de aplicar criterios de sostenibilidad y mostrar mayor sensibilidad ciudadana para actuar sobre los problemas ambientales cercanos.

6. Conocer y valorar las aportaciones de la ciencia y la tecnología a la mitigación de los problemas ambientales mediante la búsqueda de nuevos materiales y nuevas tecnologías, en el contexto de un desarrollo sostenible.

Se pretende evaluar si el alumnado conoce los nuevos materiales y las nuevas tecnologías (búsqueda de alternativas a las fuentes de energía convencionales, disminución de la contaminación y de los residuos, lucha contra la desertización y mitigación de catástrofes), valorando las aportaciones de la ciencia y la tecnología en la disminución de los problemas ambientales dentro de los principios de la gestión sostenible de la Tierra.

7. Diferenciar los tipos de enfermedades más frecuentes, identificando algunos indicadores, causas y tratamientos más comunes, valorando la importancia de adoptar medidas preventivas que eviten los contagios, que prioricen los controles periódicos y los estilos de vida saludables sociales y personales.

Se pretende constatar si el alumnado conoce las enfermedades más frecuentes en nuestra sociedad y sabe diferenciar las infecciosas de las demás, señalando algunos indicadores que las caracterizan y algunos tratamientos generales (fármacos, cirugía, trasplantes, psicoterapia), valorando si es consciente de la incidencia en la salud de los factores ambientales del entorno y de la necesidad de adoptar estilos de vida saludables y prácticas preventivas.

8. Conocer las bases científicas de la manipulación genética y embrionaria, valorar los pros y contras de sus aplicaciones y entender la controversia internacional que han suscitado, siendo capaces de fundamentar la existencia de un Comité de Bioética que defina sus límites en un marco de gestión responsable de la vida humana.

Se trata de constatar si los estudiantes han comprendido y valorado las posibilidades de la manipulación del ADN y de las células embrionarias; conocen las aplicaciones de la ingeniería genética en la producción de

fármacos, transgénicos y terapias génicas y entienden las repercusiones de la reproducción asistida, la selección y conservación de embriones y los posibles usos de la clonación. Asimismo, deben ser conscientes del carácter polémico de estas prácticas y ser capaces de fundamentar la necesidad de un organismo internacional que arbitre en los casos que afecten a la dignidad humana.

9. Analizar las sucesivas explicaciones científicas dadas a problemas como el origen de la vida o del universo; haciendo hincapié en la importancia del razonamiento hipotético-deductivo, el valor de las pruebas y la influencia del contexto social, diferenciándolas de las basadas en opiniones o creencias.

Se pretende evaluar si el alumnado puede discernir las explicaciones científicas a problemas fundamentales que se ha planteado la humanidad sobre su origen de aquellas que no lo son; basándose en características del trabajo científico como la existencia de pruebas de evidencia científica frente a las opiniones o creencias. Asimismo, deberá analizar la influencia del contexto social para la aceptación o rechazo de determinadas explicaciones científicas, como el origen físico-químico de la vida o el evolucionismo.

10. Conocer las características básicas, las formas de utilización y las repercusiones individuales y sociales de los últimos instrumentos tecnológicos de información, comunicación, ocio y creación, valorando su incidencia en los hábitos de consumo y en las relaciones sociales.

Se pretende evaluar la capacidad de los alumnos para utilizar las tecnologías de la información y la comunicación para obtener, generar y transmitir informaciones de tipo diverso, y de apreciar los cambios que las nuevas tecnologías producen en nuestro entorno familiar, profesional, social y de relaciones para actuar como consumidores racionales y críticos valorando las ventajas y limitaciones de su uso.



| UNIDAD TEMÁTICA1 |

LA FUNCIÓN EDUCATIVA DE LAS AUDITORÍAS CIENTÍFICAS: ENSEÑAR A APRENDER CIENCIAS PARA LA VIDA

José Mariano Bernal Martínez

Profesor titular de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Universidad de Murcia

| Algunas consideraciones previas: las dificultades del cambio educativo

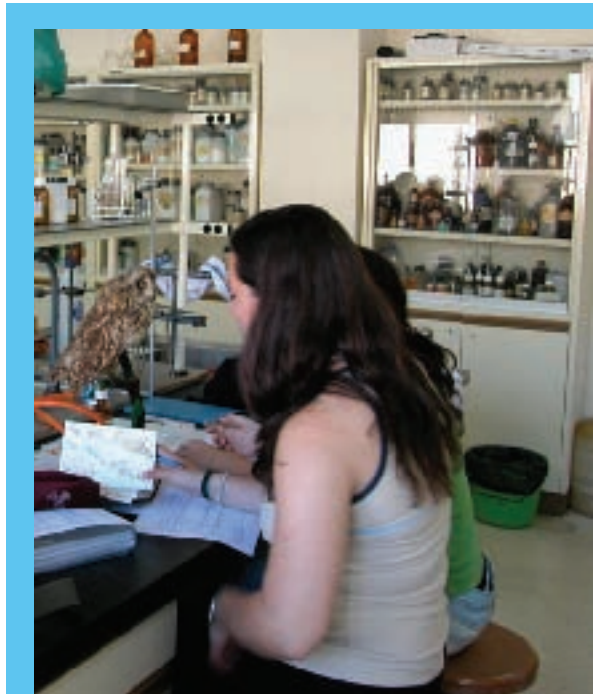
1. ¿CÓMO SUELEN SER LAS ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA QUE REALIZAN CADA DÍA LOS PROFESORES DE CIENCIAS EXPERIMENTALES?

Las actividades de enseñanza que habitualmente desarrollan en sus clases los profesores de ciencias suelen consistir esencialmente en explicar —detenidamente, con orden y claridad y repitiendo las veces que sea preciso— las partes más complicadas (o más importantes) de las lecciones, utilizando en ocasiones distintos medios audiovisuales para ilustrar su exposición. También suelen pedir a sus alumnos que lean en el libro —una o varias veces— el resto de la lección y que realicen algunos de los ejercicios de papel y lápiz contenidos en el mismo. Finalmente, los profesores realizan preguntas a sus alumnos con el fin de comprobar si recuerdan algo de lo que escucharon, leyeron y escribieron o —en ocasiones— si comprendieron sus explicaciones y las ideas contenidas en el libro.

Estas actividades de enseñanza (basadas en explicar / escuchar, indicar / leer o copiar, preguntar / responder) son las más *tradicionales* y comunes. Se vienen realizando desde siempre, se continúan practicando y se extienden a las distintas materias de enseñanza, no sólo a las que están relacionadas con las ciencias experimentales.

Pero, además, a la hora de elaborar una propuesta metodológica para el desarrollo del programa de ciencias es necesario tener en cuenta que la mayoría de las actividades que se realizan habitualmente:

- Quedan en gran medida predeterminadas con la elección del libro de texto al inicio de curso.
- Se seleccionan y diseñan desde fuera de la docencia, por los profesionales que trabajan para las distintas editoriales.
- En consecuencia, al planificar las actividades no se consideran ni las características específicas del centro (disponibilidad de recursos, entorno natural próximo, contexto cultural y social de los alumnos, etc.) ni las propias características del profesor (en cuanto a



formación específica y posibilidades de participación real en la adaptación de las mismas) que deberían contemplarse en todo proceso de planificación educativa.

Se detecta en la formulación de algunas de las actividades propuestas por los libros de texto un afán por aparentar lo que no son y esconder su verdadera finalidad (supuestos *problemas* que son meros ejercicios de lápiz y papel; pretendidas experiencias de laboratorio que son irrealizables tal y como vienen formuladas).

La mala fama pedagógica del aprendizaje memorístico conduce inevitablemente a cierto grado de *disimulo didáctico*. Los propios libros de texto, como material que refleja un enfoque tradicional de la enseñanza, han sido muy criticados. Las dificultades que surgen para encontrar un texto adecuado harán que se proponga desde posiciones didácticas innovadoras una utilización alternativa —como material de consulta, ampliación o divulgación— e incluso la supresión del libro de texto.

2. ¿CUÁLES HAN SIDO (Y SON) LAS ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA MÁS RECOMENDADAS DESDE LA TEORÍA PEDAGÓGICA Y LA INNOVACIÓN EDUCATIVA?

Desde el mismo momento en que se introdujeron en el currículum del Bachillerato contenidos relacionados con las ciencias de la naturaleza, en las recomendaciones didácticas se consideró la oportunidad y las ventajas educativas que conllevaría incluir actividades de enseñanza relacionadas con el trabajo científico. Se trataba de proponer actividades que mostraran a los alumnos los procedimientos propios de la construcción del conocimiento científico y mediante las cuales se pudiera poner en *práctica* en el aula el carácter *experimental* de la ciencia. Ésta es una de las ideas que cuenta con más aceptación y más tradición en el ámbito de la enseñanza de las ciencias.

Sin embargo, los cambios en educación son procesos difíciles y complejos en los que intervienen multitud de elementos. La renovación de la enseñanza de las ciencias no es una excepción. En España, desde principios del siglo XX se han venido desarrollando una serie de propuestas, más o menos articuladas, en el sentido de cambiar la enseñanza tradicional de las ciencias, por una enseñanza más activa, centrada en los intereses de los alumnos y superadora de los planteamientos reduccionistas de los textos y enciclopedias escolares (*Bernal, 2001*).

Esto es lo que escribía Margarita Comas Camps en 1929, refiriéndose a la enseñanza de la Biología: “El ideal de esta enseñanza es colocar los niños en la posición de espíritu peculiar del investigador, del sabio, no para que



descubran en unos años lo que ha requerido siglos de la vida de la humanidad para ser descubierto, sino para que al utilizar sus sentidos y sus instrumentos, adquieran para aplicarlos después a los demás casos de la vida las cualidades de habilidad, observación, raciocinio, etc., propias de un hombre de ciencia y experimenten no sólo algo de su trabajo, sino también algo de su alegre sentido de intelectual aventura”¹.

Sin embargo, hoy en día, en la práctica habitual de las aulas se sigue reproduciendo mayoritariamente el esquema docente más tradicional. ¿Acaso los profesores, conociendo las bondades de las reformas e innovaciones propuestas, prefieren malévola­mente seguir anclados al pasado? Evidentemente, la respuesta es no. Parece que entre las actividades de enseñanza deseadas y las que realmente se hacen en los centros educativos, se interpusieran obstáculos si no infranqueables, sí difícilmente superables.

3. ¿QUÉ OBSTÁCULOS SE INTERPONEN A LAS INNOVACIONES PEDAGÓGICAS?

Son de diferente naturaleza ya que algunos se relacionan con la formación de los profesores y otros provienen de los propios planteamientos innovadores teóricos o normativos. Las innovaciones didácticas y las reformas (o

¹ COMAS, M. (1929): Enseñanza de la Biología, *Revista de Pedagogía*, 87: 124-129. Texto recogido en la obra *Escritos sobre ciencia, género y educación* (Comas, 2001).

las contrarreformas) educativas que proponen las distintas Administraciones son en parte responsables de que fracasen sus propias propuestas ya que deberían considerar al plantearlas las tradiciones y culturas escolares, así como las características de los profesores que deben desarrollarlas, es decir: cuál es su preparación científica y didáctica y cuál su nivel de compromiso con la innovación propuesta.

La evidente desconexión existente determina que, independientemente del currículum prescrito, los profesores continúen enseñando los contenidos de ciencias que les son familiares, que ya conocen, mediante las actividades tradicionales que forman parte de sus prácticas habituales.

En ocasiones, da la impresión de que existiera un enfrentamiento de reformadores e innovadores, *expertos*, contra profesores y maestros. Así, por poner un ejemplo significativo, los expertos hablan de la importancia de la toma de decisiones del profesor en la planificación de las actividades de enseñanza, sin embargo en la mayoría de las ocasiones, la cultura y la tradición de los centros educativos determinan que la decisión más importante



que tomen los profesores sea la elección del libro de texto: éste es el elemento que guiará la selección de contenidos y el desarrollo del programa de actividades (*Bernal y López, 2005*).

Cambiar la enseñanza usual de las ciencias, basada en la lectura y explicación de las lecciones y en la realización de los ejercicios de lápiz y papel de los libros de texto, con treinta lecciones para treinta semanas de clase, por un programa de investigación en el aula, no puede ser nunca labor de un solo profesor, requeriría contar con apoyos de todo tipo, tanto desde el propio centro —participación del claustro, equipo directivo, padres— como desde las Administraciones educativas o los expertos en el campo de la innovación propuesta.

Sin embargo, sí entra en las posibilidades de la acción personal del profesor elegir el libro de texto más apropiado, seleccionar bien los contenidos adecuados para superar el sistema semana / lección en la distribución del tiempo escolar, reformular algunas de las actividades de papel y lápiz propuestas en el libro para que tengan un mayor significado y sentido para sus alumnos (*Jorba y Gómez, 2000; Sánchez, 2005*).

Si la pretensión del profesor es dar la imagen de una especie de enciclopedia de ciencias experimentales en la que los alumnos encontrarían las respuestas a todas sus interrogantes, efectivamente tendría muchas dificultades para conseguirlo. Pero lo que ocurre es que ésa no es la imagen que debe dar el profesor en las clases de ciencias ni desde el punto de vista didáctico ni desde la perspectiva epistemológica. Por una parte, las ciencias no se conciben hoy como un conjunto acabado y dogmático de conocimientos, por otra, el profesor debe guiar la construcción compartida del conocimiento escolar, reconducir las preguntas y participar en la búsqueda de las respuestas con sus alumnos (*Sánchez, 2005*).

A pesar de la persistencia y el arraigo en la práctica habitual de la enseñanza de estrategias didácticas muy limitadas, centradas en las explicaciones del profesor y la utilización del libro de texto, no debe cundir el desánimo a la hora de intentar prácticas más innovadoras. Existe actualmente un amplio bagaje de conocimiento didáctico y recursos disponibles con los que los profesores, siendo conscientes de la complejidad y las dificultades que implican los cambios educativos, pueden mejorar la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

| La educación científica para la vida implica cambios metodológicos más que cambios de contenidos

1. LA FINALIDAD DE LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA: ¿CIENCIAS PARA CIENTÍFICOS O CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO?

Los programas y prácticas que se desarrollan habitualmente hoy en día en institutos y colegios presentan un marcado carácter propedéutico: uno de los mayores obstáculos que aparecen al intentar la reforma de la educación científica es la visión propedéutica de su finalidad, según la cual la enseñanza de las ciencias anterior a la universidad debe destinarse al aprendizaje de conceptos científicos esenciales para los estudios superiores.

Tal y como han puesto de manifiesto Daniel Gil y Amparo Vilches (2001), tras la idea de educación científica para la ciudadanía no debe verse una intención de “rebaja” de contenidos para hacer asequible la ciencia a todos los ciudadanos, sino una nueva orientación de la enseñanza necesaria también para la formación básica de los futuros científicos. Ésta es la clave. Todas las propuestas que se hacen en esta línea insisten en que no es tan importante buscar unos contenidos nuevos, específicos de este enfoque, como orientar la enseñanza de las ciencias de forma adecuada. Así, extender la educación científica a todos los ciudadanos requiere, ante todo, que se produzcan cambios significativos desde la perspectiva pedagógica.

De este modo, el objetivo de las *Ciencias para el mundo contemporáneo* se asocia inevitablemente a propuestas de innovación pedagógica. Los programas de actividades para la enseñanza de esta nueva asignatura deben cumplir un requisito inicial muy complicado: tratar de conseguir el *cambio educativo*. Es preciso, reconociendo las dificultades que las prácticas habituales y la propia cultura de los centros educativos suponen, buscar planteamientos metodológicos que aproximen la innovación educativa a la práctica diaria. Parece igualmente necesario en este sentido elaborar materiales didácticos intermedios entre el tradicional libro de texto —en ocasiones criticado, pero casi siempre utilizado como primer recurso— y la teoría didáctica propuesta.

En el VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, celebrado en Granada a principios de septiembre de 2005 y cuyo tema central era “Educación científica para la ciudadanía”, Jay L. Lemke realizaba una serie de *propuestas para la acción*, planteaba a los

profesores la necesidad de introducir cambios en la enseñanza de las ciencias con orientaciones tales como:

- Propiciar que los estudiantes elijan proyectos con un componente científico, ayudarlos a realizar indagaciones autónomas individualmente o en pequeños grupos.
- Mostrar la realidad de la ciencia y la tecnología mediante visitas a laboratorios, fábricas, museos, etcétera.
- Animar a los alumnos a que exploren y aprendan en comunidades en línea y con recursos en línea sobre temas científicos, ambientales y tecnológicos.
- Apoyar a los estudiantes para que apliquen su conocimiento científico y tecnológico a problemas prácticos en sus vidas y sus comunidades locales, para que se interesen y actúen en relación con preocupaciones sociales más amplias.

Recomienda también reconocer la importancia del lenguaje como medio para el razonamiento y la conceptualización en ciencias o explorar medios y recursos interactivos, simulaciones por ordenador, etc. Así, hasta quince *propuestas para la acción*. La última de ellas puede resumir muy bien el sentido de toda su orientación pedagógica: los profesores de ciencias debemos reconocer las dimensiones emocionales y afectivas del aprendizaje de nuestras materias, debemos conseguir que las ciencias sean asignaturas que puedan entusiasmar a los estudiantes y disfruten tanto emocional como intelectualmente (Lemke, 2006).



2. EL PLANTEAMIENTO Y RESOLUCIÓN DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS: ¿ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA O ESTRATEGIAS DIDÁCTICAS?

Las actividades basadas en el planteamiento y resolución de problemas han constituido una de las líneas de investigación en didáctica de las ciencias. En los últimos veinte años se han hecho múltiples contribuciones desde la teoría didáctica y se han llevado a la práctica propuestas en este sentido, sobre todo en el mundo anglosajón que cuenta con gran tradición en este tipo de planteamientos. Más recientemente, también en España, se han desarrollado investigaciones y experiencias sobre las ventajas educativas del planteamiento de situaciones problemáticas en la enseñanza de las ciencias, aunque la realidad es que su introducción en la práctica docente habitual es puramente anecdótica.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta que con el planteamiento y resolución de problemas en las clases de ciencia estaríamos en el límite entre lo que podría ser una actividad de enseñanza o lo que sería una estrategia didáctica determinada referida a todo un programa (que es la orientación más utilizada). En este último sentido, la estrategia recuerda claramente el enfoque psicopedagógico del “método de proyectos” o el de los “centros de interés” de Decroly, ambos con una marcada orientación curricular y metodológica globalizadora y basados a su vez en las ideas de Dewey (1927).

3. ¿CUÁL PODRÍA SER SU UTILIDAD EDUCATIVA?

Trabajar en grupo en la resolución de una situación problemática relacionada con la vida cotidiana proporciona a los alumnos la posibilidad de explicar y defender sus ideas, en un proceso mediante el cual se pueden adquirir comprensión, conocimiento, destrezas y actitudes en el contexto de una situación familiar, y aplicar además los aprendizajes conseguidos a otras situaciones distintas.

Es una forma, además, de que los alumnos indaguen cosas, aprendan procedimientos y procesos y se cuestionen sus propias ideas. Los alumnos pueden comparar sus ideas iniciales con las que han obtenido a lo largo de la resolución del problema, de esta forma utilizan algo que previamente han producido ellos, no el profesor. Se incrementará por tanto su intencionalidad hacia el aprendizaje, al sentirse protagonistas del mismo.

La resolución de problemas en el aula facilita a los alumnos la oportunidad de sentirse más motivados hacia el aprendizaje científico. Si el desarrollo y evolución del conocimiento científico a lo largo de la historia puede verse como una actividad de resolución de problemas, de forma semejante la construcción del conocimiento científico por los alumnos puede facilitarse mediante este procedimiento, favoreciendo la adquisición conjunta de conceptos, procedimientos y actitudes. Se trata de ligar las tareas escolares a un objetivo claro, concreto, visible y palpable, y que los alumnos seducidos por el propósito o *problema* reemplacen la información memorística por la observación objetiva, por el razonamiento crítico y por una motivada acción personal (Sánchez, 2005).

| De los problemas ambientales a los problemas de las ciencias para la vida: la función dinamizadora de las auditorías

Ecoescuelas es una campaña internacional que pretende potenciar la educación ambiental en centros de enseñanza Primaria y Secundaria, implicando al mayor número posible de personas relacionadas con la institución educativa: profesores, alumnos, dirección, personal de administración y de servicios, y padres. El proyecto favorece, al mismo tiempo, la implicación de las autoridades municipales, requiriendo su colaboración para que las ideas surgidas en los centros sean llevadas a la práctica dentro y fuera del entorno de éstos y se facilite la participación ciudadana en el desarrollo sostenible del municipio (@ <http://www.eco-schools.org/> y @ <http://www.ecoescuelas.org/>).

La Fundación de Educación Ambiental (FEE), una organización internacional privada sin ánimo de lucro, registrada en Holanda en 1982, es la responsable de la organización de la Red de Ecoescuelas (@ <http://www.fee-international.org/>). La Asociación de Educación Ambiental y del Consumidor (ADEAC @ <http://www.adeac.es/>), desarrolla los programas de la Fundación para la Educación Ambiental (FEE) —Bandera Azul, Ecoescuelas, La Llave Verde, Bosques en la escuela— en España. Son programas que se apoyan en criterios de desarrollo sostenible, información a la ciudadanía y educación ambiental en ámbitos tan dispares como playas, puertos y centros educativos (@ <http://www.adeac.es/>).

Una de las tareas impulsadas por la ADEAC es la elaboración de un *Manual de Ecoescuelas* para recopilar las “buenas prácticas” que se van desarrollando en los centros educativos en los últimos años, y ponerlas a disposición del conjunto de las ecoescuelas de la red y de toda la comunidad educativa. La idea es compartir las actividades realizadas y difundirlas para que puedan ser de utilidad a otros centros. Manual de Ecoescuelas: @ http://adeac.es/ecoescuelas_buenas_practicas.html.

El programa de Ecoescuelas es flexible y abierto, aunque cuenta con una metodología común, apoyado en siete puntos básicos, comunes a todos los centros escolares europeos integrados en la Red y al alcance de cualquier centro interesado en estos temas. Uno de estos puntos básicos es la *auditoría ambiental*. Inicialmente, las ecoauditorías escolares o auditorías medioambientales tienen como finalidad examinar las prácticas habituales de los centros de enseñanza desde la perspectiva de la educación ambiental.

De este modo se trata de conseguir que alumnos, padres y profesores (todos deberán participar en la ecoauditoría) reflexionen sobre cuestiones



ECOESCUELAS



como la contaminación acústica, el consumo de recursos naturales, la utilización de productos tóxicos, el tratamiento de residuos, etc., y, así, poder decidir qué cambios de organización son aconsejables y qué prácticas y conductas deben erradicarse con urgencia. En definitiva, se trataría de aumentar la calidad ambiental del centro educativo, al mismo tiempo que se desarrolla un programa integrado de educación ambiental.



Enseñar y aprender educación ambiental dentro y fuera de la escuela.

En España, son muchos los centros educativos que se han ido incorporando a este movimiento en los últimos años. Una referencia concreta sobre su puesta en práctica se puede examinar en [@ http://platea.pntic.mec.es/~efuster/ecologia/](http://platea.pntic.mec.es/~efuster/ecologia/). Se trata de un colegio público de La Alberca (Murcia) que desde el curso 2000-2001 incluyó en su plan de acción, aprobado por el Consejo Escolar del centro, la realización de auditorías ambientales. Se planteó inicialmente el agua como tema central de trabajo. En cursos sucesivos abordaron la energía, el reciclaje y el ruido, consiguiendo la colaboración y participación de los padres de alumnos. En cada caso, los resultados educativos se tradujeron también en procesos de mejora ambiental: ahorro en los consumos de agua y energía, desarrollo de hábitos de reciclaje, etc. Otras experiencias desde ámbitos muy distintos, en cuanto a las características administrativas, sociales y culturales de los centros implicados, se pueden encontrar en:

[@ http://es.geocities.com/ecozenon/](http://es.geocities.com/ecozenon/)

[@ http://www.gredossandiego.com/ecoescuela/index.htm](http://www.gredossandiego.com/ecoescuela/index.htm)

Cualquier ecoescuela en el mundo posee una metodología básica común y comparable a las demás ecoescuelas, aunque cada organización de cada país tiene autonomía para desarrollar el programa Ecoescuelas adaptándolo a los rasgos culturales, sociales y educativos propios. En España, ADEAC

mantiene convenios de colaboración con distintas Administraciones educativas y ha elaborado una base de datos con las características de los centros participantes, con el objeto de fomentar y facilitar el intercambio de experiencias y materiales. Algunos de los centros disponen de página web con información sobre las actividades y experiencias. Red de Ecoescuelas en España: @ http://adeac.es/ecoescuelas_red_de_escoescuelas_en_espana.html.



Los árboles también son seres vivos.

En las auditorías administrativas y financieras que se realizan en empresas o instituciones domina el componente externo, el equipo auditor debe mantener un determinado nivel de independencia. Sin embargo, es fundamental que las auditorías ambientales que se realizan en los centros educativos sean internas y que las personas que trabajan en ellas pertenezcan a la comunidad educativa o se impliquen directamente en ella (VV. AA., 2001; CC.OO., 2003; Cano, 2005).

En definitiva, mientras que el objetivo central de las auditorías desde el punto de vista empresarial es el producto, en las ecoauditorías que se realizan en centros de enseñanza lo esencial es el proceso en sí, como mecanismo desencadenante del *cambio educativo*. Desde esta perspectiva pedagógica, la educación se considera uno de los principales determinantes para mejorar las relaciones de las personas con su medio. El conocimiento necesario para construir un presente y un futuro más sostenibles es un conocimiento complejo que liga el texto con el contexto, las condiciones objetivas con las subjetivas.

Pero esta idea de conocimiento, y de reflexión sobre el conocimiento, no se puede desarrollar mediante un currículum constituido por asignaturas



Actividades de auditoría ambiental en el entorno de la Facultad de Educación de la Universidad de Murcia.

compartimentadas —*ladrillos* con los que construir el aprendizaje—; requiere que las disciplinas de enseñanza queden integradas en redes de saberes, dinámicas y en interacción. Una educación ambiental coherente con esta idea de la complejidad del conocimiento debe estar orientada a la reflexión crítica sobre los valores y las competencias en juego en la acción para el medio ambiente, no dirigida exclusivamente a la información y a la inducción de comportamientos.

1. LAS AUDITORÍAS CIENTÍFICAS EN CENTROS DE ENSEÑANZA: UN COMPROMISO CON LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA DE TODAS LAS PERSONAS

Tal y como hemos visto, la ecoauditoría en centros de enseñanza se concibe como un proceso pedagógico destinado a mejorar los espacios educativos, propiciando el desarrollo de prácticas ambientales que contribuyan a neutralizar los impactos negativos sobre el medio ambiente y, por encima de todo, a formar a todos los integrantes de la comunidad escolar en educación ambiental. Pero, ante todo, se proponen como un valioso instrumento para conseguir el *cambio educativo*: cambio de comportamiento (objetivo inicial); más adelante, cambio en el modo de pensar y ver el mundo.

Éste es el planteamiento pedagógico que queremos trasladar a las *auditorías científicas* en el aula. Se trata de recoger los principios y prácticas propios de las ecoauditorías, las ventajas educativas que ofrece su planteamiento y desarrollo, no sólo desde la perspectiva de los problemas ambientales (que también se contemplan), sino como una posible estrategia didáctica para desarrollar el programa de la asignatura *Ciencias para el mundo contemporáneo*.

El objetivo esencial de esta nueva disciplina es poner al alcance de todas las personas los conocimientos y la cultura científica necesaria para poder participar, de manera reflexiva y fundamentada, en la toma de decisiones sobre cuestiones de naturaleza científica y tecnológica de gran trascendencia social. Temas como el cambio climático, la clonación, los estilos de vida saludable, la gestión de la energía, el agua como recurso limitado, los nuevos materiales, la reutilización y el reciclaje, etc., se incluyen de forma explícita entre los contenidos del programa propuesto. Pero, al mismo tiempo, se trata de problemas actuales que interesan de forma creciente a la ciudadanía, ocupan un espacio cada vez mayor en los medios de comunicación y son el centro de debates sociales y políticos.

Como ocurre en el caso de la educación ambiental, la enseñanza de las *Ciencias para el mundo contemporáneo* no tiene ningún sentido como proceso meramente informativo, orientado desde una dimensión puramente





El agua como recurso limitado y la especulación urbanística. *Parque Natural de las Salinas de San Pedro del Pinatar. Se construyen puertos deportivos y viviendas, al mismo tiempo que se reclama Agua para Todos y se pide a los ciudadanos que cuiden el entorno natural que la propia Administración descuida.*

disciplinar de transmisión de conocimientos. Lo que se trata de conseguir con la nueva materia es formar a la ciudadanía acerca de los problemas de la vida actual relacionados con la ciencia y la tecnología, pero no únicamente en el sentido de procurar la adquisición de determinados conocimientos científicos relacionados de forma relevante con el tema.

Efectivamente, proporcionar los conocimientos necesarios —el *saber*— es imprescindible para que los alumnos puedan entender la verdadera naturaleza del problema. Pero en el proceso de formación es preciso considerar también las motivaciones, las experiencias, las destrezas y la determinación que capaciten a los alumnos para actuar actualmente y en el futuro. Es necesario, por lo tanto, orientar el proceso educativo hacia el desarrollo y el dominio de determinados competencias, uniendo al *saber* y al *saber hacer*, el sentido del compromiso con la acción, individual y colectiva, en el ámbito de la solución del problema.

Explica Lemke (2006) que, si se desea realmente superar la práctica tradicional de la enseñanza de las ciencias, es necesario que los profesores hagamos cambios fundamentales en nuestra aproximación a la educación

científica: debemos cambiar los objetivos para que se ajusten mejor a los intereses de los alumnos y a los problemas sociales. Es necesario cambiar los métodos para favorecer el aprendizaje en diferentes contextos y a través de múltiples medios. Es preciso también cambiar el currículum para conseguir el estudio más profundo de menos temas. Pero, sobre todo, considera Lemke que los profesores debemos cambiar nuestras propias actitudes y creencias para conseguir la implicación de los estudiantes en el diseño de su propia educación, explorando juntos nuevas formas de pensar, enseñar y aprender ciencias.

Las auditorías científicas diseñadas en torno a algunos de los tópicos centrales del programa pueden propiciar la participación de los alumnos en la construcción compartida de conocimientos útiles para su formación científica básica. Pero, además, lo hacen desde una perspectiva intelectual determinada en la que las ciencias y las tecnologías no se consideran un fin en sí mismas, no producen verdades absolutas y universales, son también una mediación para la vida social. El conocimiento científico se presenta como fruto de la actividad humana, influida por unos determinados contextos sociales y culturales.

Las auditorías científicas, de igual modo que ocurría en el caso de las auditorías ambientales, deben plantearse en torno a problemas científicos que tengan una incidencia directa y real en la vida cotidiana de los alumnos, como medio para conseguir el cambio educativo. Se trata de implicar de forma significativa a los alumnos en el desarrollo de las distintas tareas y actividades mediante la integración del conocimiento académico y el conocimiento científico que se genera fuera de los centros educativos.

De este modo, contarán con la formación científica imprescindible para adoptar cada día decisiones acerca de asuntos importantes relacionados con el desarrollo científico y tecnológico (Fourez, 1994 y 1995).

Tanto los objetivos y los contenidos propuestos como la orientación general que se pretende dar al programa de la asignatura *Ciencias para el mundo contemporáneo* se ajustan muy adecuadamente al enfoque metodológico de las auditorías científicas, concebidas como procesos pedagógicos que tratan de integrar la educación formal y la educación no formal, con el fin de facilitar experiencias, desarrollar competencias y conseguir compromisos de actuación en el ámbito de la auditoría. Se trata de transformar las ciencias que se estudian en el instituto, con una intención puramente académica y cuyo campo de acción y aplicación rara vez traspasa los límites escolares, en ciencias útiles para la vida.



Actividades iniciales para el estudio de la diabetes. Facultad de Educación de la Universidad de Murcia.

Desde un punto de vista didáctico, los objetivos, el tipo de actividades a realizar y su secuenciación, y el papel que deberían jugar profesores y alumnos en el desarrollo de una auditoría científica, son muy similares a los que reflejan las secuencias para la enseñanza de las ciencias que se proponen tanto desde la orientación constructivista del aprendizaje, como por las estrategias de enseñanza basadas en el planteamiento y resolución de situaciones problemáticas.



Cuadro 1 | Secuencias de enseñanza y orientación del aprendizaje

Planteamiento y resolución de problemas en el aula

FASE I

- Presentar el problema a la clase, procurando la motivación.
- Identificar las cuestiones más relevantes a investigar.
- Determinar el programa de trabajo.

FASE II

- Los alumnos trabajan en la búsqueda de información y realizan actividades concretas (experimentales o no) con la colaboración del profesor.
- Presentación y discusión de los informes de los distintos grupos.

FASE III

- Revisión y resumen de lo que se ha aprendido.
- Evaluación del trabajo desarrollado, evaluación de los alumnos y de la actuación del profesor.
- Sugerir nuevos problemas derivados de las conclusiones.

Concepción constructivista del aprendizaje

ENFOQUE, ORIENTACIÓN Y EXPLICITACIÓN

- Orientar a los alumnos en relación con los nuevos contenidos.
- Motivar y captar el interés.
- Explicitar las ideas de los alumnos.

REESTRUCTURACIÓN

- Propiciar la construcción de nuevos conocimientos.
- Se proponen actividades para conseguir la modificación y ampliación de las ideas y experiencias iniciales.

APLICACIÓN Y REVISIÓN

- Utilizan los nuevos conocimientos en distintas situaciones.
- Revisión del cambio en los conocimientos y el proceso seguido.
- Sugerir nuevos problemas derivados de las conclusiones.

Auditoría científica

FASE DE PREAUDITORÍA

- Motivación del alumnado.
- Delimitación del alcance de la auditoría.
- Recogida de información.
- Establecer un calendario de actuaciones.

FASE DE AUDITORÍA

- Los alumnos trabajan en las actividades del plan de acción con la colaboración del profesor.
- Discusión de los informes de los distintos grupos.

FASE DE POSTAUDITORÍA

- Puesta en marcha del plan de mejora aplicando los nuevos conocimientos.
- Difusión y comunicación de los resultados.
- Sugerir nuevos planes de mejora derivados de las conclusiones.

2. POSIBLES VENTAJAS EDUCATIVAS DEL PLANTEAMIENTO DE AUDITORIAS CIENTÍFICAS COMO ESTRATEGIA DIDÁCTICA EN LA ASIGNATURA CIENCIAS PARA EL MUNDO CONTEMPORÁNEO

Desde esta perspectiva didáctica, con el planteamiento de auditorías científicas se puede confiar en obtener las siguientes ventajas educativas:

- Los alumnos se interesan por las cuestiones planteadas y se habitúan a participar en los procesos de toma de decisiones.
- Aumenta notablemente el interés por las actividades que se realizan.
- Relacionan las actividades académicas con los problemas y situaciones de la vida cotidiana.
- Se favorece la integración de contenidos de todo tipo en la secuencia de enseñanza.
- El enfoque metodológico de las auditorías se ajusta muy bien a los objetivos de las ciencias para el mundo contemporáneo.

3. LA FUNCIÓN REGULADORA Y EDUCATIVA DE LA EVALUACIÓN EN LAS AUDITORÍAS CIENTÍFICAS

La evaluación suele ser uno de los principales escenarios del conflicto entre la práctica docente habitual y la innovación pedagógica. Las propuestas didácticas renovadoras suelen chocar con las reglas establecidas para la evaluación académica. Piensa Philippe Perrenoud (1990), desde uno de los extremos del debate, que sin evaluación no existiría ni el éxito ni el fracaso escolar, ya que ambos conceptos son fruto de las valoraciones, intuiciones y técnicas que emplea el profesorado y el sistema educativo formal para evaluar y clasificar a sus alumnos y alumnas. Desde esta perspectiva, se plantea la necesidad de concebir las diferencias entre los alumnos como distancias desiguales entre sus hábitos familiares y sociales y las exigencias y requerimientos del trabajo escolar cotidiano.

En cualquier caso, para cumplir una función educativa, la evaluación debería estar integrada en el proceso de aprendizaje. Desde la visión de la evaluación como examen y calificación, los alumnos aprenden (estudian) hasta el momento en que ésta se produce (examen). Desde la perspectiva de la evaluación educativa los alumnos (y los profesores) también aprenden en el proceso evaluador. Las actividades de evaluación deberían integrarse en el proceso de aprendizaje, para que se muestren como una nueva oportunidad de aprender, procurando que los alumnos las perciban como tal.

La información que se obtiene con las actividades de evaluación tendrá más sentido si sirve para regular el proceso de enseñanza y aprendizaje:

revisar la secuencia seguida y modificar o reformular determinadas actividades de enseñanza. En este sentido, la formulación de preguntas abiertas y contextualizadas, aunque en principio parezcan aportar cierto grado de subjetividad, permiten averiguar lo que el alumno sabe y piensa.

No pueden evaluarse exclusivamente los contenidos de tipo conceptual —también el desarrollo de procedimientos y actitudes—, ni exclusivamente los aprendizajes de los alumnos: es necesario evaluar todo el proceso. Las actividades de las auditorías científicas se tienen que diseñar tanto para promover nuevos aprendizajes como para evaluar el proceso seguido. Además, si la evaluación ha de favorecer el cambio educativo, deberá hacerse un esfuerzo por diseñar actividades que supongan el uso y aplicación de los conocimientos adquiridos en la interpretación de nuevos fenómenos, y el análisis, comprensión y valoración de aspectos culturales, sociales y tecnológicos.



Cuadro 2 | Evaluación de los aprendizajes de los alumnos

Instrumentos de evaluación	Criterios de evaluación
Listas control de participación en actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Participación coherente y reflexiva en puestas en común, seminarios y foros de opinión.
Carpeta de informes y trabajos de las actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Descripción del proceso de planificación y desarrollo de la actividad. • Estructura: establece una secuencia adecuada, se emplean términos precisos. • Corrección de la realización: los datos se visualizan fácilmente, se incluyen tablas, cuadros o gráficos. • Reflexión sobre la actividad: capacidad de análisis y síntesis.
Exámenes teórico-prácticos	<ul style="list-style-type: none"> • Dominio de los contenidos propuestos. • Precisión de las respuestas. • Claridad expositiva.

| Ejemplo de planificación y desarrollo de una auditoría científica en torno al bloque de contenidos “Vivir más, vivir mejor”

Tema: Diabetes y células madre

El tema se plantea como un *centro de interés* o hilo conductor para el desarrollo del bloque 3 de contenidos “Vivir más, vivir mejor”. Dado el carácter transversal y la orientación didáctica globalizadora de la propuesta, se pueden incluir en su realización la mayor parte de los contenidos del bloque 1 (*contenidos comunes*) y algunos de los contenidos referidos a los demás bloques. En este sentido el tópico elegido, “Diabetes y células madre”, como ejemplo de lo que podría ser una auditoría científica para conducir el desarrollo del tema, se ajusta muy bien a los supuestos metodológicos de partida.

La diabetes es hoy en día una de las enfermedades más frecuentes y su incidencia está aumentando a una velocidad alarmante. Las elevadas cifras se explican en parte por la mejora en los métodos diagnósticos y el envejecimiento de la población en las sociedades desarrolladas, pero también por el continuo incremento en la proporción de personas obesas debido al limitado ejercicio físico y a los hábitos de alimentación inadecuados, con la profusión de dietas de alto contenido en grasa y baja proporción de fibras. Se calcula que 2,5 millones de españoles están afectados por la diabetes y que en 20 años esta cifra se aproximará a los 4 millones.

Por otra parte, en los últimos años las investigaciones con células madre, que han abierto grandes expectativas en la lucha contra determinadas enfermedades, se presentan también como una esperanza terapéutica para las personas diabéticas. Los trabajos sobre clonación y células madre son objeto de debate social, tanto o más que de discusión científica. Los medios de comunicación recogen cada día en titulares informaciones —más o menos rigurosas, pero siempre sugestivas— sobre el tema. Desde posiciones ideológicas muy distintas o claramente enfrentadas se utilizan argumentos que supuestamente corresponden a la bioética. La propia noción de bioética es diferente cuando se maneja desde foros laicos o confessionales.

Debido a la gran incidencia de la diabetes entre la población en general y al incremento de la diabetes juvenil en particular, en los últimos años han surgido en España organizaciones como la Federación Española de Asociaciones de Educadores en Diabetes (@ F.E.A.E.D. <http://www.feaed.org/>), compuesta por enfermeras, médicos, dietistas, psicólogos, fisioterapeutas, etc., o la Fundación para la Diabetes (@ <http://www.fundaciondiabetes.org/>) constituida con la finalidad de contribuir a la prevención y tratamiento de la diabetes

y sus complicaciones, y a la mejora de la calidad de vida de las personas diabéticas.

La Sociedad Española de Diabetes: [@ http://www.sediabetes.org/web/home.asp](http://www.sediabetes.org/web/home.asp) agrupa a profesionales interesados en los diferentes aspectos científicos, clínicos, educativos y médico-sociales relacionados con la diabetes. Promueve actividades de carácter asistencial, docente e investigador en el campo de la diabetes. La página contiene información sobre todas estas actividades. La SED ha publicado hasta ahora cinco libros sobre la diabetes que se pueden descargar en fichero PDF desde su página: *Pre-diabetes y diabetes tipo I de reciente diagnóstico*; *Diabetes y ejercicio*; *Diabetes mellitus y enfermedad cardiovascular*; *Nuevas tecnologías en el seguimiento y control del paciente de la diabetes* y *El islote pancreático en el desarrollo y tratamiento de la diabetes*. También edita la revista *Diabetes* ([@ http://www.revistadiabetes.com/](http://www.revistadiabetes.com/)).

La web de Diabetes: [@ http://www.iqb.es/d_mellitus/home.htm](http://www.iqb.es/d_mellitus/home.htm) contiene una sección profesional y otra para el paciente y familia. Esta página está incluida en el *Diccionario ilustrado de términos médicos* del IQB (Instituto de Investigación y Desarrollo Químico-Biológico: [@ http://www.iqb.es/institut/home.htm](http://www.iqb.es/institut/home.htm)). El IQB advierte que la información ha sido preparada por profesionales de la Medicina y expertos en el manejo de la documentación biomédica y que los artículos y monografías han sido redactados consultando fuentes de reconocida solvencia, pero únicamente con fines informativos y didácticos.

ALEZEIA-Asociación de Educación para la Salud: [@ http://www.alezeia.org/](http://www.alezeia.org/) es una asociación de carácter sanitario y educativo cuya finalidad es promover el desarrollo de la educación para la salud en la atención primaria



de salud en la escuela y en la universidad, también como desarrollo de su conocimiento en las facultades, y ofrecer formación e información a sus profesionales y promover proyectos de investigación, que acredite su calidad y eficacia. Cuenta con profesionales del sistema sanitario, sistema educativo y universidad. ALEZEIA edita *A tu Salud*, ([@ http://www.atusaludrevista.com/](http://www.atusaludrevista.com/)) revista para la educación de la salud.

Éstas y otras organizaciones que se citan más adelante tienen entre sus objetivos y programas la promoción de actividades educativas en diabetes para personas con diabetes y su entorno familiar y social, el desarrollo de programas de sensibilización social para el diagnóstico precoz de la diabetes y prevención de sus complicaciones, la promoción de proyectos para la mejora de la calidad de vida de las personas diabéticas, el impulso de investigaciones y estudios sobre la diabetes, etc. De esta forma, se puede contar con una gran cantidad de material didáctico sobre el tema, disponible en la red en la mayoría de los casos.

Teniendo en cuenta todo esto, el tópico “Diabetes y células madre” puede adecuarse muy bien al enfoque pedagógico de las auditorías científicas y a los objetivos de la asignatura. Además, la realización de la auditoría científica permite vincular el desarrollo de la misma cada uno de los epígrafes propuestos en el bloque “Vivir más, vivir mejor”:

- *La salud como resultado de los factores genéticos, ambientales y personales. Los estilos de vida saludables.* En la diabetes intervienen *factores genéticos, ambientales y personales* y, además, en su prevención y cuidado es esencial mantener un *estilo de vida saludable*. Este sería uno de los campos de actuación personal propios del final de la auditoría.
- *Las enfermedades infecciosas y no infecciosas. El uso racional de los medicamentos. Transplantes y solidaridad.* La diabetes como enfermedad no infecciosa. Enfermedades infecciosas asociadas a la diabetes. Los problemas en torno a la insulina y sus formas y momentos de administración. Transplantes de células de los islotes de Langerhans.
- *Los condicionamientos de la investigación médica. Las patentes. La sanidad en los países de bajo desarrollo.* Escasez de insulina, glucómetros y tiras reactivas en países pobres. Precisamente, en algunos casos se trata de los mismos países en los que la población es utilizada para experimentación en investigaciones de la industria farmacéutica.
- *La revolución genética. El genoma humano. Las tecnologías del ADN recombinante y la ingeniería genética. Aplicaciones.* Factores genéticos y tipos de diabetes. Responsables de investigaciones referentes a las células madre embrionarias y a la recombinación de ADN en mamíferos han sido galardonados con el Premio Nobel de Medicina en 2007.
- *La reproducción asistida. La clonación y sus aplicaciones. Las células madre. La bioética.* La diabetes está en el centro del debate actual sobre la

aplicación de las células madre y la utilización de embriones en investigación. Científicos que consideran la clonación desde distintas posiciones bioéticas: siempre ilícita, sólo en algunos casos o nunca.

Siguiendo la secuencia de organización y distribución de actividades y tareas propuesta por el modelo de las ecoauditorías, la auditoría científica consta también de tres fases. En la fase inicial o de preauditoría se constituye el equipo auditor procurando la máxima participación y se establecen las normas de trabajo del grupo. En esta primera fase se considera esencial atender a la motivación del alumnado, delimitar el alcance de la auditoría, recoger información preliminar y establecer un calendario de actuaciones.

En una segunda fase los alumnos, siempre con la colaboración del profesor, trabajan en las distintas actividades propuestas en el plan de acción. Se recoge información por parte de todos los miembros del equipo auditor (alumnos, profesores, padres, otros agentes externos) y se realizan las actividades inicialmente propuestas (debates, experiencias, visitas, etc.). Se elaboran, analizan y discuten los informes de los distintos grupos.

En la tercera y última fase, se revisa el proceso seguido, se pone en marcha el plan de mejora que debe traducirse en actuaciones concretas de los alumnos que surjan como consecuencia de aplicar los nuevos conocimientos. Se inicia la difusión y comunicación de los resultados de la auditoría. Se apuntan nuevos planes de mejora derivados de las conclusiones obtenidas y que darían lugar a futuras auditorías.

A. FASE DE PREAUDITORÍA



A.1. Formación del equipo auditor o comisión científica.

Previamente, el profesor deberá conocer si alguno de sus alumnos es diabético, en cuyo caso deberá conseguir que se implique especialmente en la constitución del equipo auditor. Además de los alumnos, el profesor y las personas del centro interesadas en participar, es importante conseguir la participación de los padres de alumnos y de miembros de la Asociación de Educadores en Diabetes local y del Centro de Salud de Atención Primaria correspondientes a la zona donde se encuentra el instituto.

- En la Federación Española de Asociaciones de Educadores en Diabetes (F.E.A.E.D. <http://www.feaed.org/>), se encuentran los datos de contacto de todas las sedes locales.
- Un ejemplo de las actividades que realizan las asociaciones locales lo podemos encontrar en la Asociación Murciana para el Cuidado de la Diabetes: <http://www.adirmu.org/portal/>



A.2. Motivación del alumnado.

- Las empresas farmacéuticas responsables de su distribución facilitan gratuitamente medidores del nivel de glucosa en sangre capilar para programas educativos.
- En torno a los aparatos se plantean las siguientes cuestiones: ¿saben los alumnos para qué se utiliza el glucómetro? ¿Conocen a personas de su entorno que utilicen habitualmente un medidor de glucosa? ¿Y la relación que hay entre el nivel de azúcar en sangre y la diabetes?
- Utilizando el medidor de glucosa, comprobar el nivel de azúcar en sangre de toda la clase.



- Medidor de glucosa
- Disco con tiras reactivas
- Dispositivo de punción
- Solución control normal



- Pedir a los alumnos que relacionen en cada caso los datos obtenidos con su dieta correspondiente: tiempo que ha transcurrido desde la última ingesta, tipo de alimentos ingeridos, etcétera.



- Organizar todos los datos obtenidos (nivel de glucosa, tiempo de ayuno, tipo de alimento) en una tabla.
- Debate en torno a los resultados obtenidos. ¿Cuál es el problema? ¿Nos falta glucosa? ¿Estamos bien? ¿Somos hiperglucémicos? ¿Cómo podríamos modificar estos resultados?

- ¿Qué relación tiene el nivel de azúcar con la insulina? ¿Y con el páncreas? ¿Y con las células beta de los islotes de Langerhans? ¿Y con las células madre?
- De las células glandulares de Paul Langerhans a la revolución genética y la biotecnología.
📄 <http://www.historiadelamedicina.org/langerhans.html>
- ¿Qué son las células madre? Animaciones 3D de las células madre:
📄 <http://medtempus.com/archives/animaciones-3d-de-las-celulas-madre/>



A.3. Delimitación del alcance de la auditoría.



- Las ideas surgidas tras el debate deben agruparse en torno a alguno de los tópicos que figuran en el bloque temático de la propuesta de contenidos.
- Diseño y elaboración de instrumentos para la recogida de datos e información: encuestas, entrevistas y fichas de observación.
- Selección y preparación del soporte teórico y práctico inicial: bibliografía, documentos, informes, páginas web, etc. Posibles recursos fuera del centro: ciclos de conferencias y cursos afines desde una perspectiva científica, visitas a instituciones y organismos relacionados con la promoción de salud, participación en foros de debate, etcétera.
- Temporalización y secuenciación: elaboración de un calendario de actuaciones.



Objetivos de la asignatura relacionados con el desarrollo de las actividades y contenidos de esta fase de la propuesta:

1. Conocer el significado cualitativo de algunos conceptos, leyes y teorías para formarse opiniones fundamentadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas que tengan incidencia en las condiciones de vida personal y global y sean objeto de controversia social y debate público.
2. Plantearse preguntas sobre cuestiones y problemas científicos de actualidad y tratar de buscar sus propias respuestas, utilizando y seleccionando de forma crítica información proveniente de diversas fuentes.
3. Obtener, analizar y organizar informaciones de contenido científico, utilizar representaciones y modelos, hacer conjeturas, formular hipótesis y realizar reflexiones fundadas que permitan tomar decisiones fundamentadas y comunicarlas a los demás con coherencia, precisión y claridad.

Criterios de evaluación de la asignatura relacionados con el desarrollo de las actividades y contenidos de esta fase de la propuesta:

1. Obtener, seleccionar y valorar informaciones sobre distintos temas científicos y tecnológicos de repercusión social y comunicar conclusiones e ideas en distintos soportes a públicos diversos, utilizando eficazmente las tecnologías de la información y comunicación, para formarse opiniones propias argumentadas.
2. Analizar algunas aportaciones científico-tecnológicas a diversos problemas que tiene planteados la humanidad, y la importancia del contexto político-social en su puesta en práctica, considerando sus ventajas e inconvenientes desde un punto de vista económico, medioambiental y social.
3. Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la comprensión y resolución de los problemas de las personas y de su calidad de vida mediante una metodología basada en la obtención de datos, el razonamiento, la perseverancia y el espíritu crítico, aceptando sus limitaciones y equivocaciones propias de toda actividad humana.



B. FASE DE AUDITORÍA

En la fase de auditoría se desarrollarán las actuaciones planificadas en la fase anterior, se comprobará el grado de cumplimiento de las distintas tareas asignadas, los alumnos trabajan en las actividades del plan de acción con la colaboración del profesor. Se discutirán los informes de los distintos grupos, se examinará el alcance de las propuestas y se propondrán las *medidas correctoras* dentro de un plan de viabilidad. Los grupos de trabajo realizan las actividades en torno a los tópicos seleccionados.

La diabetes y los estilos de vida saludables: la salud como resultado de factores genéticos, ambientales y personales

- Fundación para la Diabetes: @ <http://www.fundaciondiabetes.org/index.asp>
- Sociedad Española de Diabetes: @ <http://www.sediabetes.org/web/home.asp>
- Salud y Calidad de Vida: @ <http://www.vivirmejor.es/>



JOE CARDOZO

¿Qué es la Diabetes?

La Diabetes es una enfermedad crónica que incapacita al organismo a utilizar los alimentos adecuadamente. Al ingerir los alimentos estos se descomponen convirtiéndose en una forma de azúcar denominada glucosa, que es el combustible que utilizan las células para proveer al organismo de la energía necesaria. Este proceso de transformar los alimentos en energía se llama metabolismo. Para metabolizar la glucosa adecuadamente, el organismo necesita una sustancia llamada insulina. La insulina es una hormona producida en el páncreas (que es una glándula localizada debajo del estómago), y cuya función es regular el uso de la glucosa en el organismo y por lo tanto es esencial en el proceso metabólico.

La insulina trabaja permitiéndole a la glucosa alojarse en las células para que éstas la utilicen como combustible, manteniendo a su vez los niveles de glucosa en la sangre dentro de lo normal

(70 a 110 mg/dl). Las personas con diabetes no producen suficiente insulina para metabolizar la glucosa, o la insulina que producen no trabaja eficientemente, por lo tanto la glucosa no se puede alojar en las células para ser transformadas en energía (metabolismo) y se acumula en la sangre en niveles elevados. La Diabetes es una enfermedad seria, pero las personas diabéticas pueden vivir una vida larga, saludable y feliz si la controlan bien.

Aunque aun no hay una cura para la Diabetes, ésta puede ser controlada. La meta principal en el tratamiento es mantener los niveles de azúcar en la sangre (glicemia) lo más cerca del rango normal como sea posible durante la mayor cantidad de tiempo. Existen tres tipos de diabetes (diabetes tipo 1, diabetes tipo 2, y diabetes gestacional) y el tratamiento depender del tipo de Diabetes.

@ <http://www.diabetesaldia.com/Default.aspx?SecId=28/>

1. Escribe los términos del texto que no conoces su significado o que no entiendes bien.
2. Señala las ideas del texto que consideras más importantes.
3. Discutir en el grupo y contestar: ¿cuáles creéis que son las ideas más importantes que expone el texto?

La diabetes como enfermedad: la importancia de controlar y prevenir

- Diabetes al día: @ <http://www.diabetesaldia.com/Default.aspx>
- American Diabetes Association: @ <http://www.diabetes.org/home.jsp>
- Diabetes al instante: @ <http://www.diabetesal instante.com/index.php>
- Diabetes en línea: @ <http://www.diabetesonline.com.ar/>
- La obesidad reduce hasta en ocho años la esperanza de vida en los pacientes con diabetes tipo 2: @ <http://www.vivirmejor.es/>
- Forumclínic: @ <http://www.forumclinic.org/enfermedades/la-diabetes>. Programa interactivo para pacientes. Los responsables son profesionales de los centros hospitalarios y de atención primaria de la Corporación Sanitaria Clínic del Hospital Clínic de Barcelona.

Investigación médica y patentes: la industria farmacéutica y la diabetes

- Roche cuida tu azúcar: @ <http://www.cuidatuazucar.com/>
- Bayer también: @ <http://www.diabetes.bayer.es/user/index.htm>
- Lilly diabetes: @ <http://www.lilly.es/Nitro/>
- Pfizer se expande para luchar contra la diabetes: @ <http://www.boonic.com/ftopic47817.html>



PABLO REQUENA MEANA • Jueves, 28 de junio de 2007

LA OTRA CARA DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

Nigeria demanda *Pfizer* por ensayar ilegalmente sus fármacos sobre la población

El Gobierno federal nigeriano ha llevado a los tribunales al gigante farmacéutico Pfizer por ensayar ilegalmente un fármaco contra la meningitis que causó muertes y malformaciones a unos 200 niños, informa hoy la prensa local. En su demanda, presentada ayer, las autoridades nigerianas piden a la Corte Suprema Federal de Abuya 7.000 millones de dólares para compensar los prejuicios del ensayo y para indemnizar a las víctimas y a sus familiares, según publica el periódico autóctono Guardian News.

El caso se refiere a unas pruebas clínicas realizadas por la multinacional estadounidense en el estado nigeriano de Kano, el más extenso del país, durante una epidemia de meningitis en 1996. La

farmacéutica aprovechó presuntamente la epidemia para experimentar, en unos 200 niños enfermos, un nuevo fármaco en desarrollo sin tener los permisos del comité ético nigeriano y sin informar a las familias.

De los menores que participaron involuntariamente en los ensayos, once murieron y otros sufrieron sordera, ceguera, parálisis cerebral y otras malformaciones. El caso salió a la luz en 2000 tras una investigación del diario estadounidense The Washington Post sobre la administración del antibiótico Trovan en los niños de Kano, al que siguió una investigación del Ministerio de Sanidad nigeriano.

@ <http://www.bioeticaweb.com/content/view/4451/768/lang.es/>



KEYA ACHARYA • Inter Press Service, 21 de diciembre de 2007

La ética no entra al laboratorio

Laboratorios farmacéuticos multinacionales e investigadores están eligiendo con cada vez más frecuencia a India como escenario para sus ensayos clínicos de medicamentos en humanos. La ausencia de regulaciones, la certeza de que no deberán rendir cuentas a nadie, los bajos costos operativos y la amplia disponibilidad de voluntarios para las pruebas son las principales razones que atraen a los laboratorios a este país. Se estima que 40% de todos los ensayos clínicos en

humanos se realizan en América Latina, Asia y Europa oriental. En 2006, Wemos y el Centro de Estudios de las Corporaciones Multinacionales prepararon un informe sobre 22 ejemplos de ensayos clínicos no éticos, ocho de los cuales se habían realizado en India. Los casos locales incluyen a Sun Pharmaceuticals, Novartis, Novo Nordisk, Solvay Pharmaceuticals, Johnson & Johnson, Pfizer, Otsuka, Shantha Biotechnics y la Universidad Johns Hopkins.

@ http://www.boletinfarmacos.org/012008/etica_y_derecho_generales.asp#La_etica_no_entra_al_laboratorio

1. Busca en otras páginas de bioética más información relacionada con las noticias.

- @ <http://www.bioeticanet.info/>
- @ <http://www.bioeticaweb.com/>
- @ <http://www.ciencytec.com/pc/index.html>
- @ <http://www.biomed.net/biomed/index.htm>
- @ <http://www.aebioetica.org/>
- @ <http://www.ibbioetica.org/es/>

Alteraciones genéticas y tipos de diabetes: la importancia de conocer más sobre el genoma humano

- Genoma España: @ <http://www.gen-es.org/>
- National Human Genome Research Institute: @ <http://www.genome.gov/>
- Infogenetic: @ <http://www.infogenetic.com/e/novedades.html>
- Diabetes juvenil: @ <http://www.diabetesjuvenil.com/>
- La diabetes y sus tratamientos médicos: @ <http://diabetes.sutratamiento.com.ar/>
- Centro Diagnóstico ADN: @ <http://www.paternidad.com/science-technology/>
- Tecnociencia. Especial transgénicos: @ <http://www.tecnociencia.es/especiales/transgenicos/2.htm>
- Servicio del Observatorio de la Comunicación Científica (Universitat Pompeu Fabra, Barcelona): @ http://www.biomed.net/biomed/dossier_biotechnology.htm



ENRIQUE IAÑEZ PAREJA • *Diario Ideal* y *Revista Diálogo Iberoamericano*

¿Qué es la clonación?

Si nos referimos al ámbito de la Ingeniería Genética, clonar es aislar y multiplicar en tubo de ensayo un determinado gen o, en general, un trozo de ADN. Sin embargo, Dolly no es producto de Ingeniería Genética. En el contexto a que nos referimos, clonar significa obtener un individuo a partir de una célula o de un núcleo de otro individuo.

En los animales superiores, la única forma de reproducción es la sexual, por la que dos células germinales (óvulo y espermatozoide) se unen, formando un cigoto (o huevo), que se desarrollará hasta dar el individuo adulto. Las células de un animal proceden en última instancia de la división repetida y diferenciación del cigoto. Las células somáticas, que constituyen los tejidos del

animal adulto, han recorrido un largo camino “sin retorno”, de modo que, a diferencia de las células de las primeras fases del embrión, han perdido la capacidad de generar nuevos individuos y cada tipo se ha especializado en una función distinta (a pesar de que, salvo excepciones, contienen el mismo material genético).

No es extraño pues el revuelo científico cuando el equipo de Ian Wilmut, del Instituto Roslin de Edimburgo comunicó que habían logrado una oveja por clonación a partir de una célula diferenciada de un adulto. Esencialmente el método (que aún presenta una alta tasa de fracasos) consiste en obtener un óvulo de oveja, eliminarle su núcleo, sustituirlo por un núcleo de célula de oveja adulta (en este caso, de las mamas), e implantarlo en

sigue>

>continúa

una tercera oveja que sirve como “madre de alquiler” para llevar el embarazo. Así pues, *Dolly* carece de padre y es el producto de tres “madres”: la donadora del óvulo contribuye con el citoplasma (que contiene, además mitocondrias que llevan un poco de material genético), la donadora del núcleo (que es la que aporta la inmensa mayoría del ADN), y la que parió, que genéticamente no aporta nada.

Científicamente se trata de un logro muy interesante, ya que demuestra que, al menos bajo determinadas circunstancias es posible “reprogramar” el material genético nuclear de una célula

diferenciada (algo así como volver a poner a cero su reloj, de modo que se comporta como el de un cigoto). De este modo, este núcleo comienza a “dialogar” adecuadamente con el citoplasma del óvulo y desencadena todo el complejo proceso del desarrollo intrauterino.

Extraído del texto de **Enrique Iañez Pareja**. Instituto de Biotecnología, Universidad de Granada, España (*Tras las Huellas de Dolly*. Artículo de opinión publicado en el suplemento Campus del diario Ideal, y en la Revista Diálogo Iberoamericano del Consejo de Universidades de España e Iberoamérica).

1. Señala los términos incluidos en el texto que no podrías explicar bien lo que significan.
2. Indica qué afirmaciones o argumentos no crees comprender bien.
3. Selecciona una idea de cada párrafo que consideres relevante como síntesis de lo que expone.
4. De las ideas que expresa el texto: ¿cuál o cuáles te sorprenden más?
5. ¿Hay aspectos sobre los que te gustaría tener más información?
6. ¿Qué crees haber aprendido al hacer este análisis?

Las células madre y la diabetes

- La diabetes y las células madre (entrevista a Bernat Soria): @ <http://www.elsan- tafesino.com/vida/2004/03/13/2272>
- Preservación de las células madre: @ <http://www.celulasmadrela.com/>
- Células madre adultas: científicos consiguen que el páncreas de un diabético produzca insulina: @ <http://www.fluvium.org/textos/cultura/cul184.htm>
- Organización Nacional de Trasplantes: @ http://www.ont.es/Home?id_nodo=124
- Polémica por el uso en seres humanos de células madre para la diabetes: @ http://www.lanacion.com.ar/archivo/Nota.asp?nota_id=672864
- El autotrasplante de células madre retrasa la diabetes juvenil: @ http://www.elpais.com/articulo/sociedad/autotrasplante/celulas/madre/retrasa/diabetes/juvenil/elpepisoc/20070412elpepisoc_7/Tes
- El potencial curativo de las células madre: @ <http://www.xcell-center.es/potencial.asp>
- Células madre para tolerar un trasplante: @ <http://www.publico.es/ciencias/investigacion/29102>



Objetivos de la asignatura relacionados con el desarrollo de las actividades y contenidos de esta fase de la propuesta:

4. Adquirir una imagen coherente de las tecnologías de la información, la comunicación y el ocio presentes en su entorno, propiciando un uso sensato y racional de las mismas para la construcción del conocimiento científico, la elaboración del criterio personal y la mejora del bienestar individual y colectivo.
5. Argumentar, debatir y evaluar propuestas y aplicaciones de los conocimientos científicos de interés social relativos a la salud, el medio ambiente, los materiales, las fuentes de energía, el ocio, etc., para poder valorar las informaciones científicas y tecnológicas de los medios de comunicación de masas y adquirir independencia de criterio.

Criterios de evaluación de la asignatura relacionados con el desarrollo de las actividades y contenidos de esta fase de la propuesta:

3. Realizar estudios sencillos sobre cuestiones sociales con base científico-tecnológica de ámbito local, haciendo predicciones y valorando las posturas individuales o de pequeños colectivos en su posible evolución.
7. Diferenciar los tipos de enfermedades más frecuentes, identificando algunos indicadores, causas y tratamientos más comunes, valorando la importancia de adoptar medidas preventivas que eviten los contagios, que prioricen los controles periódicos y los estilos de vida saludables sociales y personales.
8. Conocer las bases científicas de la manipulación genética y embrionaria, y valorar los pros y contras de sus aplicaciones y entender la controversia internacional que han suscitado, siendo capaces de fundamentar la existencia de un Comité de Bioética que defina sus límites en un marco de gestión responsable de la vida humana.

C. FASE DE POSTAUDITORÍA

En esta fase se trata de poner en marcha la propuesta de un plan de viabilidad mediante distintas formas de actuación, buscando recursos dentro y, si es necesario, fuera del centro. Como elemento fundamental del programa deben promoverse actividades y acciones de comunicación que difundan en el instituto, en el barrio, en la ciudad, etc. los resultados del trabajo realizado. La difusión y comunicación de la auditoría cumplen un papel fundamental para socializar lo aprendido con otras personas interesadas.

De cara al exterior, los alumnos, siempre con la orientación del profesor, trabajarán en la redacción de informes y colaboraciones para su publicación en los medios de comunicación más accesibles: prensa, radio y televisión local, prensa digital, foros educativo y de salud pública relacionados con el tema, etc. En el propio centro educativo los alumnos organizarán campañas informativas y de participación, exposiciones, debates, mesas redondas, etcétera.

La auditoría científica no se concibe como una estrategia metodológica orientada únicamente a la promoción de conocimientos en los alumnos. La auditoría científica sobre la “Diabetes y las células madre” debe permitir, por supuesto, y favorecer didácticamente la adquisición de determinados conocimientos científicos sobre el tema. Pero también debe generar aspectos culturales y sociales. Se presupone que como consecuencia de la auditoría deben producirse cambios ¿Han cambiado los alumnos su estilo de vida al finalizar la auditoría?

Por otra parte, las propuestas metodológicas que se hacen para la educación para la salud están orientadas en este mismo sentido. M^a Isabel Serrano (1998) explica que el aprendizaje de formas de vida más saludables y los cambios de actitudes no pueden resolverse con una serie de prescripciones y normas de comportamiento. Es necesario un proceso de cambio educativo. La estrategia didáctica que propone se inicia con la presentación de los hechos tal y como los perciben los alumnos y a partir de ahí se abre un proceso de búsqueda para entender el problema desde el punto de vista científico y buscar soluciones y compromisos, respetando los criterios del aprendizaje participativo que permitan el desarrollo de la responsabilidad de la salud personal.



Observar, juzgar, actuar, ésta es la secuencia que propone. La observación de la realidad y la reflexión crítica y formulación del problema deben conducir a *acciones de cambio*. Las actuaciones no pueden exceder las posibilidades de cada alumno, ni diseñarse fuera del marco de sus posibilidades. Deben surgir los compromisos y acciones donde se constate el protagonismo de los alumnos, la percepción de que son un poco más dueños de su vida y sus comportamientos que cuando iniciaron el proceso. Deben desarrollar conductas preventivas en las que se favorezca la responsabilidad compartida pues los problemas de salud son interdependientes. Hay que educar desde la vida para una vida saludable (Serrano, 1998).

Es necesario considerar todos los componentes del aprendizaje, el cognitivo, pero también los afectivos y

conductuales. En el caso de nuestra auditoría, el objetivo no se alcanza con el hecho que los alumnos conozcan los estilos de vida saludables y no saludables, ni siquiera es suficiente conseguir que tengan una actitud favorable hacia un estilo de vida saludable, es preciso que se adopte un compromiso con ese estilo de vida y se produzcan cambios concretos en hábitos determinados. Practicar el ejercicio físico, cuidar la alimentación, etc. Pero también, aumentar la autoestima, resolver pequeños problemas de la vida cotidiana, confiar en el diálogo y la reflexión compartida como forma de enseñar y aprender ciencias para la vida.



Objetivos de la asignatura relacionados con el desarrollo de las actividades y contenidos de esta fase de la propuesta:

6. *Poner en práctica actitudes y valores sociales como la creatividad, la curiosidad, el antidogmatismo, la reflexión crítica y la sensibilidad ante la vida y el medio ambiente, que son útiles para el avance personal, las relaciones interpersonales y la inserción social.*
7. *Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de la calidad de vida, reconociendo sus aportaciones y sus limitaciones como empresa humana cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas al contexto cultural y social en el que se desarrollan.*
8. *Reconocer en algunos ejemplos concretos la influencia recíproca entre el desarrollo científico y tecnológico y los contextos sociales, políticos, económicos, religiosos, educativos y culturales en que se produce el conocimiento y sus aplicaciones.*

Criterios de evaluación de la asignatura relacionados con el desarrollo de las actividades y contenidos de esta fase de la propuesta:

3. *Realizar estudios sencillos sobre cuestiones sociales con base científico-tecnológica de ámbito local, haciendo predicciones y valorando las posturas individuales o de pequeños colectivos en su posible evolución.*
4. *Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la comprensión y resolución de los problemas de las personas y de su calidad de vida, mediante una metodología basada en la obtención de datos, el razonamiento, la perseverancia y el espíritu crítico, aceptando sus limitaciones y equivocaciones propias de toda actividad humana.*



| Referencias bibliográficas

- BERNAL, J. M. (2001): *Renovación pedagógica y enseñanza de las ciencias. Medio siglo de propuestas y experiencias escolares (1882-1936)*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- BERNAL, J. M. y LÓPEZ, J. D. (2005): Educación científica para la ciudadanía: algunas aportaciones desde la perspectiva de la historia del currículum escolar en España, *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VII Congreso [http://ensciencias.uab.es/webblues/www/congres2005/material/comuni_orales/1_ense_ciencias/1_3/Bernal_612.pdf].
- CANO, J. M. (2005). La ecoauditoría en un centro educativo, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Comunicación de las Ciencias*, 2 (1): 56-63 [http://www.apaceureka.org/revista/Volumen2/Numero_2_1/Cano_2005.pdf].
- COMAS, M. (2001): *Escritos sobre ciencia, género y educación*. Edición y estudio introductorio de J. M. Bernal y F. Comas. Madrid: Biblioteca Nueva.
- CC. OO. (2003): *Ecoauditoría escolar. Cuaderno del alumnado y del profesorado*. En <http://www.fe.ccoo.es/publicaciones/TE/sumario.htm>
- DEWEY, J. (1927): *Las escuelas de mañana*. Traducción de Lorenzo Luzuriaga. Madrid: Librería y Casa editorial Hernando.
- FOUREZ, G. (1995): El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y la enseñanza de las ciencias, *Perspectivas*, XXV (1): 27-40.
- (1994): *La construcción del conocimiento científico*. Madrid: Narcea.
- GIL, D. y VILCHES, A. (2001): Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación, *Investigación en la Escuela*, 43: 27-37.
- JORBA, J. y GÓMEZ, I. (2000): *Hablar y escribir para aprender*. Barcelona: Prat Editores.
- LEMKE, J. L. (2006): Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir, *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1): 5-12.

MAYER, M. (1998): Educación ambiental: de la acción a la investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2): 217-232.

PERRENOUD, PH. (1990): *La construcción de éxito y del fracaso escolar*. Madrid: Ediciones Morata.

SÁNCHEZ, G. (coord.) (2005): *Didáctica de las Ciencias Experimentales I*. Murcia: DM / ICE Universidad de Murcia.

SERRANO, M^a I. (coord.) (1998): *La Educación para la Salud del siglo XXI*. Madrid: Díaz de Santos.

VV. AA. (2001): Ecoauditorías escolares, *Ciclos* nº 9. Valladolid: Gea S. C. L.



| UNIDAD TEMÁTICA 2 |

¿PERO QUÉ HACE UNA CHICA COMO TÚ EN UN SITIO COMO ÉSTE? LISE MEITNER Y LA FISIÓN NUCLEAR

Juan Fernández-Mayoralas Palomeque

Profesor de Enseñanza Secundaria de Geografía e Historia
IES León Felipe, Torrejón de Ardoz

| Kungälv (Suecia), diciembre de 1938

Está a punto de acabar un año terrible. El mundo soporta desde hace una década la peor depresión económica de los tiempos modernos, la democracia retrocede en todo el mundo. La amenaza de una nueva guerra se cierne sobre Europa.

En marzo, Hitler ha invadido Austria, anexionándola al Tercer Reich; unos meses después, arremeterá contra Checoslovaquia. En la Conferencia de Munich, celebrada bajo los auspicios de Mussolini, Francia y el Reino Unido abandonan a la última democracia superviviente en Europa Central a cambio de las promesas de Hitler. Mientras tanto, a orillas del Ebro se esfuman las últimas esperanzas de salvar Cataluña del avance de las tropas franquistas. La sombra de la tiranía se extiende por el continente...

A su vuelta a Londres, el orgulloso *premier* británico ha mostrado el acuerdo firmado en Munich, anunciando con temeridad: "¡Aquí traigo la paz para la próxima generación!". Chamberlain confía en que Hitler necesitará tiempo para digerir los pedazos de Checoslovaquia que le han permitido devorar. Pero, como dijo el gran físico Niels Bohr, que también intervendrá en nuestra historia, "es muy difícil hacer una predicción exacta, especialmente acerca del futuro". En realidad, sólo faltan unos meses para que estalle la Segunda Guerra Mundial.



Kungälv, al sur de Suecia. En diciembre de 1938 Lise Meitner acababa de instalarse en Estocolmo, mientras que su sobrino Otto trabajaba en Copenhague con **Niels Bohr**.



La cercanía de la costa sueca permitió la huida de muchos judíos y fugitivos daneses durante la guerra. Entre ellos, el propio Bohr, en 1943.

Mientras todo el mundo está pendiente de estos acontecimientos, una escena en apariencia intrascendente se desarrollaba en Kungälv, al sur de Suecia.

Una extraña pareja pasea por un bosque nevado: una mujer de aspecto frágil, de unos sesenta años; el hombre, en la treintena, calza unos esquís. Ambos tienen aspecto de profesores, un vago aire familiar, y hablan en alemán acerca de una carta que la mujer acaba de recibir de Berlín. No es difícil reconocer en ellos a dos de esos refugiados que en aquel momento buscan cobijo en los países neutrales, y parece lógico imaginar que su conversación, como tantas otras que se desarrollan en aquellos días, gira en torno a la situación política. Pero las apariencias engañan: la tensión que reflejan sus rostros tiene una causa muy diferente. De pronto, ambos se detienen, se sientan sobre un tronco. Un rápido intercambio de frases, y sus caras se iluminan con la luz de una súbita sorpresa. Allí mismo, sobre la nieve, uno de los más terribles secretos de la naturaleza acaba de ser desvelado.

| Mujeres en el mundo de la física



Lise Meitner y Otto Hahn en el laboratorio del Kaiser-Wilhelm-Institut de Berlín.

Lise pudo trabajar en este instituto de 1912 a 1938 gracias a que era una institución privada, pero su categoría científica nunca fue reconocida totalmente. A pesar de que en la fotografía parece una simple ayudante a la espera de las órdenes de su mentor, lo cierto es que ella había sido la fundadora del equipo que investigaba acerca de los elementos "transuránicos".

La especialidad de Meitner era la física, mientras que Hahn era químico. Una cita apócrifa atribuida a Meitner: "Hähnchen (diminutivo cariñoso de Hahn, "Hahncito") déjame eso a mí, tú de física no tienes ni idea".



La mujer que paseaba por aquel bosque en las Navidades de 1938 se llamaba Lise Meitner; su profesión, y su vida, eran la física. Hasta sólo unos meses antes trabajaba en el Kaiser-Wilhelm-Institut de Berlín, y estaba considerada como una de las figuras más eminentes de la ciencia mundial. En ese momento, sin embargo, era una refugiada sin recursos, que buscaba con dificultad construirse una nueva vida en Suecia. Su acompañante en aquel paseo era su sobrino, Otto Frisch. Qué hacían ambos allí, en Kungälv, en los últimos días del año 1938, es una larga historia que empieza casi sesenta años antes, en 1878, en Viena.

Que una mujer llegara a desarrollar una carrera tan espectacular en el mundo de la ciencia en las primeras décadas del siglo XX era una señal inequívoca de genio. Es cierto que el camino estaba abierto gracias a Marie Skłodowska-Curie, una pionera del estudio de la relatividad. Pero los prejuicios en contra de la mujer eran aún tan fuertes, que sólo figuras excepcionales eran capaces de acceder al mundo académico y a la investigación.

Lise Meitner, nacida en Viena, el seno de una familia muy culta de origen judío, había mostrado desde muy joven un talento innato para las ciencias que sus padres le animaron a cultivar. Pero por aquel entonces, la única forma de educación superior que estaba abierta a las mujeres era la formación como maestras. Por eso, el primer título que obtuvo la capacitaba para enseñar francés en la escuela elemental.



El matrimonio formado por **Pierre Curie** y **Marie Skłodowska-Curie**, trabajando en su laboratorio. Marie fue una pionera del estudio de la radioactividad, y también la primera persona en recibir dos premios Nobel: el de Física en 1903, junto con su marido, y de Química —ya viuda— en 1911. Su hija Irene Joliot-Curie también obtuvo este premio en 1935.

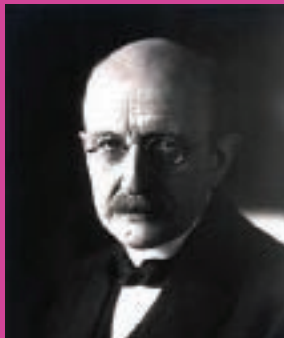
La **radioactividad** es un fenómeno descubierto por Becquerel en 1896 que apasionaba al mundo científico a principios de siglo: algunos elementos, como el uranio, tienen la propiedad de emitir energía en forma de **radiaciones**. Estas son capaces de impresionar placas fotográficas, atravesar cuerpos opacos o ionizar gases. Los Curie fueron pioneros en su estudio y descubridores de varios elementos radioactivos, como el **torio**, el **radio** y el **polonio**.

Pero a Meitner le atraía la investigación. Preparándose con preceptores privados, Lise consiguió superar el duro examen de Bachillerato que le abría las puertas de la universidad. Su pasión por las matemáticas le condujo hasta la física, una ciencia que por aquel entonces estaba viviendo un periodo de ebullición y expansión, gracias a las nuevas vías abiertas por Max Planck —Teoría Cuántica— y Albert Einstein —Teoría de la Relatividad—. Cuando Lise llegó a la universidad, hacía tan sólo cuatro años que las puertas de las facultades del Imperio austro-húngaro se habían abierto a estudiantes de sexo femenino. Meitner fue la segunda mujer que consiguió licenciarse en Ciencias Físicas. Tras un intento fallido por encontrar trabajo junto a Marie Skłodowska-Curie, en París, en 1907 Meitner llegó a Berlín, atraída por las lecciones del Max Planck.

Planck era un gran físico, pero no era, desde luego, un abanderado del feminismo. Aunque sentía respeto, a título individual, por algunas mujeres excepcionales, pero el padre de la Física Cuántica, descubridor de uno de los misterios mejor guardados de la naturaleza, estaba convencido de que esa misma naturaleza “ha asignado a la mujer su vocación de madre y ama de casa”. Afortunadamente, Planck supo ver en Meitner uno de esos casos especiales que merecían hacer una excepción, permitiéndole asistir como oyente a sus clases: en Prusia no estaba permitido que una mujer se matriculara en la universidad.

En Berlín, Lise conoció a Otto Hahn, un joven químico con el que formó un excelente equipo de investigación sobre la radioactividad que duraría más de treinta años, y que rompería el nazismo. Sin embargo, su puesto dejaba mucho que desear: no habiendo posibilidad de emplearla como profesora o investigadora, Meitner trabajaba en una fundación privada, el Kaiser-Wilhelm-Institut como simple invitada, sin recibir un sueldo por su trabajo. Su lugar de trabajo era un cobertizo de madera. Ni siquiera podía utilizar la misma puerta que sus compañeros varones, ni podía pisar otras estancias del centro. No sería hasta cumplidos los 35 años que Meitner recibiría por primera vez en su vida una remuneración por su trabajo científico, lo que le permitió alquilar un piso y comprarse un piano.

La Primera Guerra Mundial interrumpió sus investigaciones y deshizo temporalmente el equipo: mientras que Hahn dedicaba sus conocimientos químicos a la fabricación de gases tóxicos para los alemanes, Meitner trabajaba en el departamento de Radiología de un hospital austriaco. En un puesto similar, al otro lado de las trincheras, servía al Ejército francés Marie Curie. Al acabar la guerra, Meitner volvió a Berlín. En 1919, unos meses después de que se firmase el armisticio, recibió su título de profesora universitaria. Un título inútil por el momento, ya que, como mujer, no tenía derecho a enseñar.



Max Planck descubrió que la energía en la naturaleza no varía de forma continua, sino en “paquetes” indivisibles, es decir, de forma “discreta”.

Es como si para obtener un caudal determinado no dispusiésemos de un chorro, sino tan sólo de agua envasada en botellas. Podríamos obtener cualquier cantidad que multiplicara el volumen de la botella por un número entero, pero no cantidades intermedias. A esa cantidad mínima de energía la llamó **cuanto**, y calculó empíricamente una constante que sirve para determinarla: **la constante de Planck**.



La lucha por el sufragio femenino fue lenta y difícil, pues se enfrentaba a prejuicios sociales y a **teorías pseudocientíficas** que postulaban la inferioridad de la mujer. Tras la Primera Guerra Mundial, el sufragio femenino dejó de ser una rareza, y las mujeres obtuvieron ese derecho en Alemania y Austria. Los vencedores fueron más tacaños. Al principio, las británicas sólo podían si poseían ciertas propiedades, y a partir de los 30 años, edad a la que se suponía alcanzarían la madurez intelectual equivalente a la de un varón de 21. Las francesas quedaron excluidas del sufragio.



Pero las cosas estaban cambiando. La guerra, que tanta destrucción había causado, también había minado los cimientos del mundo antiguo. La paz trajo aires de libertad. En toda Europa avanzaba la democracia: los imperios autoritarios habían sido sustituidos por repúblicas, y muchos países adoptaban ahora el sufragio universal.

Para las mujeres, los cambios eran aún más significativos. Durante la guerra, las mujeres se habían tenido que hacer cargo en la retaguardia de puestos hasta entonces reservados a los varones. Habían demos-

trado que su habilidad no era menor, ni su esfuerzo y capacidad de sacrificio. Las fotos de la contienda muestran a mujeres ocupando puestos inusitados, como bomberas o conductoras de tranvías: pero también como administrativas, profesoras, doctoras. Mientras millones de hombres luchaban en las trincheras, la retaguardia había quedado en manos de mujeres.

Pero también cambiaba el rol social de las mujeres, que ahora eran mucho más visibles que nunca en la vida pública. Para adaptarse a esas nuevas funciones, el vestido femenino sufrió una profunda revolución: las faldas se acortaban, se esfumaban los corsés y se simplificaban los peinados, haciendo que las mujeres ganaran en movilidad y agilidad. En los alegres años veinte, un nuevo modelo de mujer —activa, deportista, independiente,



La incómoda vestimenta que luce en la fotografía Lise Meitner a su llegada a Berlín, en 1907, contrasta con la modelo de una publicación de modas dos décadas después (The Spirella Magazine, 1928).

En la caricatura se compara elegancia y comodidad de la mujer moderna con los trajes abultados y anticuados de épocas pasadas, cuya finalidad parecía ser ocultar y deformar el cuerpo femenino, al tiempo que le restaban movilidad.



bronceada por su vida al aire libre— se imponía y sustituía a las lánguidas damas, pálidas y pasivas, del periodo prebélico.

El nuevo régimen político establecido en Alemania era una República, conocida como “de Weimar” por el lugar en el que se redactó su constitución. En ella se concedía a las mujeres el derecho pleno de sufragio, tanto de elegir como de ser elegidas. En 1922 el título de docente de Meitner se hizo realmente efectivo, y pudo dar su primera clase de Física. Cuatro años después se convertía en profesora extraordinaria de la Universidad de Berlín.

1. BIOLOGÍA Y PREJUICIOS MISÓGINOS

1.1. ¿MUJER U HOMBRE IMPERFECTO?

En muchas ocasiones, el pensamiento científico choca contra prejuicios e ideas preconcebidas, tan arraigadas que sólo su destrucción le permite seguir desarrollándose. Pero también se da la situación contraria: que un prejuicio de carácter pseudocientífico —o científico, de acuerdo con los parámetros de la época— es tan fuerte que impregna el pensamiento durante siglos e influye en el orden social y político. En esas ocasiones no son pocos los científicos que se dejan llevar por las ideas previas, buscando su confirmación. Es lo que podríamos llamar la perversión del método científico.

Los prejuicios en contra de la mujer son muy antiguos en Occidente. Su origen está posiblemente en una lamentable coincidencia: la civilización griega, de donde procede la tradición filosófica y científica occidental, era extremadamente misógina. Ese rasgo, que se notaba en la posición de la mujer en la sociedad —mucho más subalterna que la que tenía en otras civilizaciones cercanas, como la romana—, influyó en las primeras formulaciones científicas, y en especial en el pensador que habría de marcar muchos siglos de pensamiento occidental: Aristóteles.

Para **Aristóteles**, la mujer era un “varón mutilado”. Su alma era inferior a la del varón, como lo era también la de los animales o los esclavos. Pero Aristóteles no se conformaba con dar su opinión como lo que era, una opinión: toda su biología se basaba sobre esa premisa. A veces, el prejuicio era tan fuerte, que los errores derivados de estas premisas prevalecían sobre los datos empíricos más fáciles de confirmar. Por ejemplo, en su *Historia de los animales*, Aristóteles no dudaba en aportar como prueba de la inferioridad femenina... ¡el “hecho” —evidentemente falso— de que la mujer tenía menos dientes que el varón!

Aristóteles se ocupó en su obra de aspectos puramente biológicos, como la “**escala de la naturaleza**” o los misterios de la **procreación**. Este aspecto



El fresco de “La Academia de Atenas”, de Rafael, que decora las estancias del Vaticano, refleja el respeto que el pensamiento de los griegos —en especial de Platón y Aristóteles— gozaba en el Renacimiento.

Un siglo después, **Galileo** criticaría en sus Diálogos sobre los dos grandes sistemas del mundo el **principio de autoridad**, es decir, la idea de que un científico debía hacer más caso de las opiniones de los antiguos, o de la Biblia, que de lo que le demostrara la **experiencia**. Era el punto de partida del **método científico**.



conformaría la mentalidad occidental durante siglos: según el griego, el papel de la mujer en la procreación era pasivo y secundario, pues sólo el semen del hombre contenía el principio vital: de ahí su nombre, que significa “semilla”. El hombre aportaba la forma, el alma, la mujer, la materia, considerada inferior.



Las ideas misóginas acerca de la reproducción predominaron en la ciencia durante largo tiempo. La idea de que la semilla del ser humano procedía sólo del varón, por ejemplo, siguió vigente hasta que en 1827 el biólogo **Karl Ernst von Baer** demostró que las hembras de los mamíferos poseen **óvulos** y que, por lo tanto, participan en el proceso de fecundación en igual medida que los machos.

El óvulo es el **gameto** femenino, como el **espermatozoide** es el **gameto** masculino. Ambos aportan su información genética al **cigoto** en el momento de la concepción.

Las ideas de Aristóteles fueron retomados por los **teólogos cristianos**, que las unieron a viejos prejuicios religiosos. La mujer, que debía estar sujeta al varón como el esclavo al amo, era culpable del pecado original, era un ser imperfecto en comparación al varón.

No eran criterios teológicos, sino “científicos” —de acuerdo con la ciencia más avanzada de aquella época, la de Aristóteles y Alberto Magno— los que utilizaba Santo Tomás de Aquino en el siglo XIII para justificar la inferioridad de la mujer en el plano jurídico o moral. ¿Por qué la mujer no puede recibir las órdenes sacerdotales, por ejemplo? Pues porque un honor tan elevado no puede recaer en un ser imperfecto: por la misma razón tampoco se podía ordenar sacerdote a un eunuco. El teólogo, metido a biólogo, explicaba que cuando algo sale mal en el proceso de fecundación —por exceso de agua, por ejemplo, como la que aporta el viento húmedo del Sur—, el feto se desarrolla de manera imperfecta y nace una hembra en lugar de un varón (Uta Ranke-Heinemann (2005): *Eunucos por el reino de los cielos. Iglesia católica y sexualidad*. Madrid: Ed. Trotta, cap. 16).

Estas ideas “biológicas” servían como base para las leyes y la moral. A veces, con consecuencias muy curiosas, y hoy olvidadas. Por ejemplo, según afirmaba Aristóteles, al ser inferior al hombre, el feto femenino tardaba el doble que el masculino en “animarse”, es decir, en recibir alma y convertirse en un ser humano: unos ochenta días, en lugar de cuarenta. Este hecho se utilizaría más tarde para la discusión acerca de si el aborto era o no un pecado grave. Según algunos confesores, puesto que no

era posible saber qué sexo tenía el feto, y como el feto de las hembras no era “humano” hasta pasados ochenta días, ése era el plazo dentro del cual, y en determinados supuestos, el aborto no podía considerarse un pecado grave. Un documento papal condenó esta doctrina nada menos que en 1679, pero todavía en el siglo XIX los manuales de “embriología sagrada” católica criticaban el error (Jean Delumeau (1992): *La confesión y el perdón*. Madrid: Alianza Editorial: 104. Como ejemplo de los manuales del siglo XIX: Inocencio M. Riesco Le-Grand (1848): *Tratado de embriología sagrada*. Madrid: Tipografía Greco-Latina).

Sin embargo, los prejuicios misóginos adoptaron en el siglo XIX nuevas formas, adaptándose al desarrollo de las ciencias. Un ejemplo llamativo es el de **Paul Broca**, profesor de cirugía, anatomista y un importante investigador del cerebro humano: él fue, por ejemplo, el que descubrió el área de Broca, una zona del lóbulo frontal que es la responsable del habla.



Pero Broca era también un convencido de la antropometría, es decir, la ciencia de las medidas del cuerpo humano.

*La escuela que él fundó efectuó medidas muy ajustadas de las distintas partes de la anatomía humana, tanto de hombres como de mujeres. En especial, de las cabezas, lo que dio origen a una subdisciplina, la **craneología**.*

*Algunos quisieron llevar el determinismo biológico hasta sus últimas consecuencias. El anatomista **Lombroso**, por ejemplo, pensaba que la observación de ciertos rasgos de la cabeza —como las orejas o la mandíbula— permitiría descubrir a los criminales desde antes de que delinquieran.*



Aunque era un gran científico, Broca estaba convencido de la inferioridad de la mujer, y ese prejuicio lo tomó como una premisa de su obra. Los datos estadísticos que recogió mostraban una diferencia del tamaño del cerebro de hombres y mujeres. ¿Se debía tan sólo a la diferencia de tamaño del cuerpo de ambos? No, según Broca, “*no debemos olvidar que las mujeres son, por regla general, un poco menos inteligentes que los hombres (...) Por lo tanto, nos está permitido suponer que el tamaño relativamente pequeño del cerebro de la mujer depende en parte de su inferioridad física, y en parte de su inferioridad intelectual*” (Gould, Stephen Jay (1986): *El pulgar del panda*. Barcelona: Orbis: 163).

Algunos de sus discípulos llevaban estos prejuicios misóginos hasta el límite, rozando el ridículo... o el horror. Gustave Le Bon, autor de los primeros

libros sobre la psicología colectiva, opinaba que hasta “*en las razas más inteligentes... hay un gran número de mujeres cuyo cerebro está más cerca en tamaño del de los gorilas que de los cerebros más desarrollados de los hombres. Esa inferioridad es tan evidente, que nadie podría discutirla ni un momento... Las mujeres... representan las formas más inferiores de la evolución humana... y están más cerca de los niños y los salvajes que de los varones adultos y civilizados*” (Gould (1981): *Mismeasure of man*. Nueva Cork: W.W. Norton: 104-105. Edición española (2003): *La falsa medida del hombre*. Barcelona: Crítica).

Lejos de ser opiniones marginales, ideas algo más moderadas acerca de la “inferioridad” natural de las mujeres eran mantenidas por muchos biólogos, incluyendo al propio Darwin. Cuando los políticos se preguntaban si las mujeres merecían el derecho de voto, no hacían sino interpretar una opinión que la ciencia de aquel tiempo mantenía a pesar de todas las evidencias contrarias.



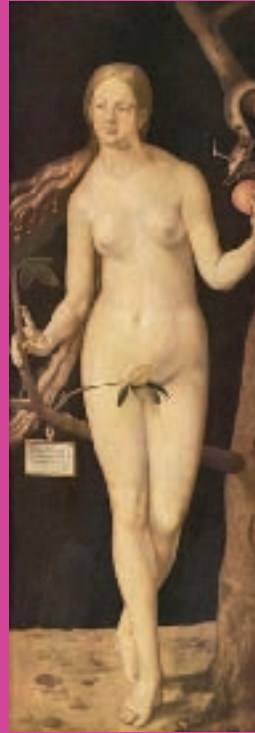
Según el Génesis, la mujer surgió de la costilla del varón, de ahí que se llame “varona”. La expresión no tiene sentido en español (ni en latín), pues “mujer” y “hombre” proceden de diferentes lexemas, pero los traductores mantuvieron un juego de palabras hebreo para mostrar a Eva como “derivada” de Adán, y por tanto menos perfecta que él —creado “a imagen y semejanza” de Dios—.

Los científicos llaman **Eva mitocondrial** a la antepasada matrilineal común más cercana de todos los humanos actuales: una africana que vivió hace unos 140.000 años. También existe su equivalente masculino, el **Adán cromosómico-Y**. Vivió unos 80.000 años después que Eva.



1.2. ¿SEXO O GÉNERO?

Muchas veces resulta difícil separar fenómenos biológicos, de carácter natural, de fenómenos sociales, que cambian según las culturas y las épocas. Todos los seres humanos, incluyendo a los científicos, están influidos por la sociedad en la que viven, la lengua que hablan y en la que piensan, las creencias que comparten con sus contemporáneos. Los prejuicios misóginos de personajes tan diferentes como Aristóteles, Santo Tomás, Paul Broca —o Max Planck— nos demuestran la importancia de separar las premisas culturales de la argumentación científica.



Hoy se considera útil distinguir entre los conceptos **sexo** y **género**. Sexo es un **concepto biológico**: la especie humana, como otras muchas, se divide en dos grupos con papeles reproductivos distintos, que se distinguen por un par de **cromosomas sexuales**: las hembras tienen dos cromosomas semejantes, XX; los machos, diferentes, XY.

El **género** es una construcción sociocultural que tiende a confundirse con el sexo biológico. Cada civilización atribuye a cada género una serie de **roles sociales** diferentes, que determinan todos los aspectos de la vida del individuo en comunidad.

El género está condicionado por el **lenguaje**. Al utilizarlo, el científico más objetivo puede caer en el estereotipo. Imaginemos una frase aparentemente anodina: "Las hembras de los leones se dedican a la caza...". "León" es una palabra de género masculino, pero el concepto biológico se refiere a la especie. Claro que el diccionario define a la leona como "hembra del león", y no al revés...



Las diferencias entre hombres y mujeres, y su origen biológico o cultural, siguen siendo un campo de estudio fructífero, donde investigan científicos de muy diversas disciplinas: biólogos, neurólogos, psicólogos, sociólogos, historiadores, lingüistas...

A menudo, libros de divulgación sobre las diferencias intelectuales o emocionales entre hombres y mujeres se convierten en *best sellers*, popularizando, y a veces vulgarizando, el resultado de investigaciones no siempre aceptadas por la comunidad científica. Con todo, desde los tiempos de Broca se ha avanzado mucho a este respecto, pues, en la mayoría de los casos, las diferencias no se establecen en términos de "superioridad" o "inferioridad", ni se pretende derivar de ellas desigualdades legales, ni justificar situaciones sociales injustas.



A.1. Cuestiones para el debate.

Una cuestión debatida: ¿existen marcadas diferencias de comportamiento y psicología entre hombres y mujeres?

Algunos estudios parecen confirmar, por ejemplo, que ciertos tipos de conductas violentas son más frecuentes entre hombres que entre mujeres. En los últimos tiempos, muchos libros de psicología popular han popularizado la existencia de diferentes tipos de inteligencia según los sexos: por ejemplo, los hombres desarrollan más las habilidades relacionadas con el espacio, mientras que entre las mujeres es mayor la habilidad verbal.

He aquí algunas orientaciones para el debate:

- ¿Crees que estas diferencias existen?
- ¿Qué experimentos te parece que se podrían efectuar para confirmar hipótesis sobre este punto?
- ¿Hasta qué punto crees que es la biología, y no el entorno social y la educación, la responsable de esas diferencias?
- El diccionario de la Real Academia sigue el orden alfabético. Sin embargo, no encontramos en él la entrada “Campesina, no”, sino “Campesino, na”. ¿Cómo crees que el lenguaje condiciona la percepción de los fenómenos?



Simone de Beauvoir, autora del El segundo sexo (1949), escribió:

“No se nace mujer: llega una a serlo. Ningún destino biológico, físico o económico define la figura que reviste en el seno de la sociedad la hembra humana; la civilización es quien elabora ese producto intermedio entre el macho y el castrado al que se califica como femenino”.

¿Qué crees que quiere decir?

Representación de la mujer en la placa enviada dentro de la sonda Pioneer, en 1972, a modo de “mensaje en una botella” espacial.



| El secreto de los alquimistas



Las raíces de la alquimia se hunden en Egipto. Influída por la ciencia griega, sobrevivió en el mundo árabe, de donde procede su nombre y muchas palabras que luego pasaron a la química. En la Edad Media volvió a Europa gracias a traducciones que se realizaron en buena parte en la Península Ibérica.

Los alquimistas intentaban transmutar la materia. Gracias a una maravillosa “piedra filosofal” —una especie de elixir, polvo o roca—, sería posible convertir un metal en otro. La visión más popular de su sueño —la que atraía a los falsificadores— era la conversión del plomo en oro. No faltaron reyes y papas que cayeron en la trampa, y algún embaucador perdió su cabeza como consecuencia de promesas incumplidas. Pero en los talleres de los alquimistas también se hacían experimentos, se descubrían nuevos materiales y se encontraban pócimas farmacológicas. El propio Newton se sintió muy atraído por la alquimia. Los experimentos alquímicos, en los que se mezclaban conceptos filosóficos y religiosos, son considerados hoy como la prehistoria de la química, que ha heredado su nombre (Schütt, Hans Werner (2002): En busca de la piedra de la sabiduría. Madrid: Acento).

En 1901, Ernest Rutherford descubrió que el torio radioactivo se convertía en radio de manera espontánea. Su colega, Frederick Soddy, exclamó: “Rutherford, esto es transmutación”. Contestó: “¡Cielo santo, no lo llames transmutación! ¡Nos cortarán la cabeza, como a los alquimistas!”.

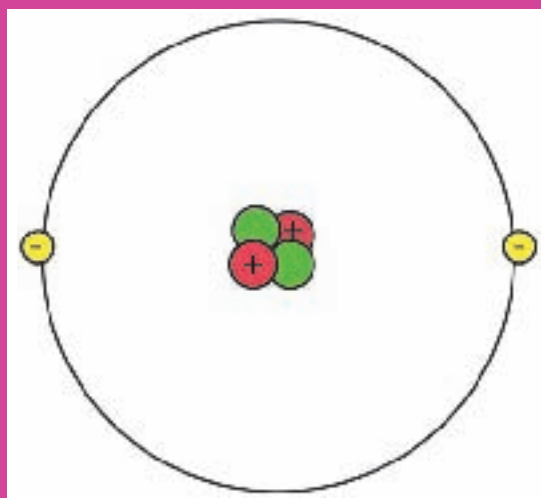


1. LISE MEITNER EN BUSCA DE UN NUEVO ELEMENTO

La radioactividad, descubierta por Becquerel y estudiada por Rutherford y los Curie, planteaba a los físicos nuevos retos, al tiempo que desdibujaba la frontera tradicional entre física y química.

Los avances en el modelo atómico —como el descubrimiento del **neutrón** a comienzos de la década de los treinta— hicieron concebir esperanzas de que fuera posible crear nuevos elementos desconocidos en la naturaleza.

Meitner coincidió en Berlín con el físico húngaro Szilárd, que tan importante papel desempeñaría poco después en el proyecto Manhattan. Leó Szilárd había introducido ciertas mejoras técnicas en el ciclotón, el primer modelo de acelerador de partículas que permitía investigar el núcleo atómico.



Un **elemento químico** difiere de otro por el número de **protones** que tiene su **núcleo**: ése es el **número atómico**. Por ejemplo, el hidrógeno tiene un solo protón; el **helio** — al que corresponde el diagrama —, 2, y 3 el litio. Si varía el número atómico, el elemento es distinto.

Pero en el núcleo hay también partículas neutras llamadas **neutrones**. El número de neutrones puede variar dentro del mismo elemento. Las diferentes especies de un elemento —con el mismo número atómico, pero diferente número de protones—, son los **isótopos**. Por ejemplo, un átomo de carbono tiene siempre 6 protones, pero hay isótopos con 12 o 14 neutrones.

Algunos isótopos son naturalmente inestables, es decir, tienden a desintegrarse, emitiendo radiación. Son muy inestables los elementos con número atómico superior a 83; en ellos, la **fuerza nuclear fuerte**, que mantiene unido el núcleo, queda compensada por la **fuerza electromagnética** de repulsión, que tiende a separar los protones de carga positiva.

Por aquel entonces, varios equipos científicos se esforzaban por encontrar elementos transuránicos: un grupo británico, liderado por Rutherford; otro en Italia, dirigido por Enrico Fermi; y en París, el matrimonio Joliot-Curie. Todos tenían la idea de que aquel que consiguiese antes el objetivo, obtendría el premio Nobel (y todos los científicos nombrados en este párrafo lo recibieron por uno u otro motivo, menos Meitner). En 1934, Lise convenció a Otto Hahn para que dirigieran sus investigaciones en el mismo sentido.

Los elementos transuránicos son aquellos que tienen un número atómico superior al del uranio, que es 92. Aunque no se había descubierto ninguno aún, Meitner y Hahn habían encontrado en 1917 el primer isótopo estable del elemento inmediatamente anterior en la tabla periódica, el 91, protactinio (Pa). El problema que se planteaba era que, aunque la tabla periódica sugería la existencia de elementos más pesados que el uranio, hasta entonces nadie había conseguido encontrarlos en la naturaleza. ¿Sería posible crearlos en el laboratorio?



El químico ruso **Mendeléiev** publicó en 1869 una tabla periódica de todos los elementos conocidos hasta entonces, basándose sobre la hipótesis de que las propiedades de los elementos son **función periódica** de sus números atómicos, es decir, se repiten a intervalos regulares. Eso permitía predecir ciertas propiedades de elementos aún no encontrados.

Hoy, la **tabla periódica de los elementos** está organizada en columnas verticales llamadas **familias**, que agrupan elementos de propiedades semejantes. En líneas horizontales, o **periodos**, se colocan los elementos siguiendo el orden creciente de su número atómico.



Hoy sabemos que algunos de estos elementos, como el neptunio o plutonio, existen en la naturaleza, aunque son muy raros. La mayoría de ellos son muy inestables, y su vida media —el promedio de vida del núcleo antes de desintegrarse— es tan corta que sólo se les puede detectar en el laboratorio. Por ejemplo, la vida media del elemento 109 que lleva el nombre de Lise Meitner, el meitnerio (Mt), es de 720 milisegundos.

¿Cómo lograr encontrar algo que la naturaleza misma, al parecer, no producía? Meitner, siguiendo las ideas de Enrico Fermi, pensaba que se podía crear estos elementos en el laboratorio, y que para ello era preciso bombardear con neutrones un núcleo de uranio. El experimento de Fermi, concebido en 1934, consistía en intentar obtener un elemento más pesado que el uranio bombardeando el átomo con un neutrón:



En la época de Fermi, el elemento 93 era sólo una hipótesis. No se descubriría hasta 1940, y recibiría el nombre de neptunio (Np).

Pero la búsqueda del “elemento 93” era un trabajo muy difícil y no faltaban voces de los que preveían que el método de Fermi —bombardear el átomo con neutrones— no llevaría a esto, sino a dividir el átomo, obteniendo dos átomos más ligeros.



La posibilidad de la **fusión** del núcleo había sido sugerida en 1934 por la química alemana **Ida Tacke-Noddack**, que también trabajaba en Berlín, y que junto con su marido Walter Noddack había descubierto el elemento 75, renio (Re). Ida Noddack había escrito, a propósito de los experimentos de Fermi, un artículo titulado “Sobre el elemento 93”, en el que decía: “Es posible pensar que al bombardear núcleos pesados con neutrones, estos núcleos se rompan en varios fragmentos mayores, que por supuesto podrían ser isótopos de elementos conocidos, aunque no de los vecinos [en la tabla periódica] del elemento irradiado”.

La sugerencia de Ida Tacke-Noddack fue ignorada y la ciencia tuvo que esperar cuatro años más para que se descubriera la fisión nuclear.



Entre tanto, el equipo Meitner-Hahn —al que se añadiría más tarde Fritz Strassmann— seguía investigando en esa dirección. El viejo sueño de los alquimistas —transmutar un elemento en otro, crear materiales desconocidos— parecía a punto de conseguirse. En 1938 el equipo había conseguido construir un acelerador de partículas.

Justo en ese momento, Lise Meitner tuvo que salir huyendo.

2. EL NOMBRE DE LOS ELEMENTOS

Definitivamente, las mujeres han desempeñado un papel protagonista en el estudio de la radioactividad en general, y de la fisión nuclear en particular, desde sus orígenes. ¿Casualidad? Seguramente, no. A principios del siglo XX, para una mujer era mucho más accesible un dominio científico nuevo y desconocido, como el de la física nuclear, que los sectores más tradicionales, copados por sus colegas varones. Paradójicamente, tenían más posibilidades de hacerse un hueco cuanto más difícil fuera su campo de investigación.

Fue precisamente una mujer, la escocesa **Margaret Todd**, colaboradora de Soddy, quien sugirió el nombre de “isótopo”: en griego, quiere decir “en el mismo sitio”, indicando que los diferentes isótopos de un elemento comparten la misma casilla de la tabla periódica. **Marie Sklodowska Curie** descubrió el polonio y el radio, y obtuvo dos premios Nobel por sus descubrimientos en el campo de la radiactividad; más tarde, su hija **Irene Joliot-Curie** recibiría el mismo galardón por sus investigaciones en torno al problema de la fisión nuclear. Aunque **Ida Tacke-Noddack** había participado, junto con su marido, en el descubrimiento de dos nuevos elementos,

su inteligente explicación teórica del experimento de Fermi en 1934 fue ignorada por el mundo científico, hasta que en 1838 Lise Meitner llegó a la misma conclusión, consecuencia de un experimento.

¿Un retraso lamentable? Quizá, por una vez, no tanto... ¿Qué habría pasado si un equipo de físicos en la capital del III Reich hubiera trabajado sobre la hipótesis de la posibilidad de la fisión nuclear desde seis años antes de que empezaran los americanos a trabajar en el proyecto Manhattan, que llevaría al desarrollo de bomba atómica? Asusta sólo pensarlo...

El matrimonio Noddack fue sospechoso después de la guerra de simpatías hacia el nazismo, y el marido incluso fue investigado —y absuelto— por crímenes de guerra. Aunque en realidad nunca fueron miembros del partido, lo que sí parece cierto es que su ideología incluía un fuerte componente nacionalista.

Su nacionalismo se refleja en la forma en que bautizaron a los dos elementos cuyo descubrimiento se atribuyeron, el 75 y el 43 (un descubrimiento discutido), con nombres referidos a la geografía alemana: **renio** y **masurio** —por Renania y Masuria, extremos occidental y oriental de Alemania—.

Mientras que el nombre del primero se mantiene, el segundo de estos elementos fue posteriormente renombrado, por considerar el nombre masurio demasiado “chovinista”: Masuria era la región de la que era originaria la familia Noddack, pero también un territorio de Prusia Oriental disputado por Polonia y Alemania, y el nombre recordaba además una célebre batalla de la Primera Guerra Mundial. La unión de la Prusia Oriental, separada por el corredor de Danzig por el Tratado de Versalles, con el resto de Alemania, fue precisamente la excusa que utilizaría Hitler en 1939 para justificar la invasión de Polonia que inició la Segunda Guerra Mundial.

Hoy se conoce el elemento 43 con el nombre de **tecnecio** (Tc), que procede de una raíz griega que significa “artificial, hecho por el hombre”.

La disputa en torno al **masurio/tecnecio** muestra hasta qué punto es complicado el asunto de nombrar los elementos químicos, en especial los últimos en ser descubiertos. La química puede ser una cuestión política. Si en los años previos a la Segunda Guerra Mundial existía una competencia entre los científicos franceses y los alemanes por los nombres, durante la guerra fría la rivalidad se trasladó a estadounidenses y soviéticos.

En la tabla periódica existen elementos con nombres muy diversos. Los símbolos se derivan del nombre en latín del elemento, pero en muchos casos se trata de palabras griegas o de idiomas modernos que han sido “latinizadas”. El origen de los nombres es muy diverso:

- Algunos son nombres tradicionales que se conocían desde la antigüedad, como el **oro** (aurum) o el **hierro** (ferrum).
- Otros fueron aportados por los alquimistas, y la huella de su origen se nota en sus raíces árabes, como el **bario**. También hay casos mixtos, como el **azufre** (S), de origen latino, “sulphur”, pero que ha pasado al español en su forma árabe.
- A veces el nombre en español y el signo no guardan relación: como en el caso del **mercurio**, cuyo símbolo (Hg) procede del griego “hydragyrium”, “plata líquida”. El **potasio** deriva de la expresión originariamente holandesa “cenizas del cuenco (o crisol)”, “pot ashes”, pero su símbolo K procede del latín kalium a través del árabe “alcalí”.
- Otros nombres son neologismos, palabras compuestas, de origen generalmente griego, creadas por sus descubridores en época moderna, como **hidrógeno**, que significa “nacido del agua”, o **fósforo**, que quiere decir “portador de luz”.
- También abundan nombres derivados de lugares geográficos, de cuerpos celestes o figuras mitológicas, como **lutecio**, **selenio** o **titanio**.



Algunos **elementos** han recibido el nombre de grandes **científicos**. En la ilustración, una foto de la quinta conferencia Solvay, que reunió a algunos de los más importantes científicos de la historia. Algunos de ellos (Einstein, Curie, Lorentz, Planck, Bohr) serían honrados dando su nombre a un elemento.

Uno honor semejante recibió Lise Meitner. En 1982 se descubrió el elemento 109 en un laboratorio alemán. Se le llamó **meitnerio** (Mt), “para hacer justicia a una víctima del racismo alemán y para honrar una vida y una obra científica”.





A.2. Los elementos químicos¹.

Empareja el nombre de estos elementos con el significado:

Cromo, Criptón, Tungsteno, Cobre, Radio, Polonio, Silicio, Argón, Yodo.

1 "De la isla de Chipre" (griego/latín)	Cobre
2 "(Vapores) de color violeta" (en griego)	Yodo
3 "Escondido" (en griego)	Criptón
4 "Piedra" (en griego)	Litio
5 "Piedra pesada" ("tung sten", en sueco)	Tungsteno
6 "Guijarro" (en latín)	Silicio
7 "(Que emite) rayos" (en latín)	Radio
8 País de nacimiento de su descubridora	Polonio
9 "(De) color" (griego)	Cromo
10 "Vago, perezoso" (griego)	Argón

Cada uno de los científicos que se nombran a continuación tuvo el honor de que un elemento se bautizara con su nombre. Escribe el nombre de ese elemento en la casilla correspondiente a su descubrimiento o invención:

Rutherford, Curie, Meitner, Mendeleiev, Röntgen, Bohr, Lawrence, Einstein, Nobel, Fermi.

1 Teoría de la Relatividad	Einsteinio
2 Elementos radioactivos, como el polonio	Curio
3 Reactor nuclear	Fermio
4 Fisión nuclear	Meitnerio
5 Tabla periódica	Mendelevio
6 Radioactividad	Rutherfordio
7 Dinamita (y fundación/premio)	Nobelio
8 Rayos X	Roentgenio
9 Ciclotón	Laurencio
10 Modelo atómico	Bohrio

¹ Las soluciones de esta actividad aparecen reflejadas en la columna de la derecha.

| ¿Física aria y física judía?



Albert Einstein, el padre de la **Teoría de la Relatividad**, conversa con **Niels Bohr**, autor del **modelo atómico** que incorpora la mecánica cuántica, en 1925. Tanto Einstein como Bohr tenían ascendencia judía, aunque el primero era agnóstico, y el segundo, cristiano luterano. Einstein, nacido en Alemania, adquirió la nacionalidad suiza y se exilió en Estados Unidos. Bohr, danés, también huyó a América durante la guerra. Su huida se vio precipitada por un encuentro con **Werner Heisenberg**, el físico que había enunciado el **principio de indeterminación**.

De esa **entrevista en Copenhague** de 1941 contamos con dos versiones distintas. Según Heisenberg, que lideraba el proyecto nuclear alemán, ofreció a Bohr una especie de trato para que los científicos no contribuyeran a que ningún bando se hiciera con la **bomba**. Pero Bohr, que creía que la bomba alemana era inminente, emprendió la huida y acabó colaborando con el **Proyecto Manhattan**.



1. HUIDA Y EXILIO DE UNA CIENTÍFICA

Aunque educada como protestante, y bautizada como miembro de esta Iglesia, Lise Meitner era de origen judío.

Tras la subida de Hitler al poder en 1933, la vida se había hecho insoponible para muchos científicos alemanes por su origen "racial" o por sus opiniones políticas. La agresividad de los fascismos, y el riesgo de una nueva guerra, impulsaron a emigrar a Estados Unidos a muchos científicos. Es curioso constatar que los físicos que contribuyeron de una u otra manera a la construcción de la bomba atómica procedían de territorios alemanes o controlados por Alemania durante la guerra. Era el caso de físicos de origen judío, como **Einstein, Frisch o Szilárd**, o el de **Bohr** o **Fermi** (este último, italiano, casado con una italiana de origen judío).



Años más tarde, Meitner lamentaría amargamente no haber tomado antes en cuenta lo que estaba ocurriendo en Alemania: “Fue un grave error —afirmaría más tarde—, no sólo desde el punto de vista práctico, sino también moral”.

*Pero durante aquellos años, toda su atención estaba absorta en la ciencia, y su pasaporte austriaco, y su puesto en el **Kaiser-Wilhelm-Institut** —una institución privada— le permitían un grado de libertad del que no gozaban sus colegas alemanes, que habían tenido que exiliarse al perder el puesto en la universidad por las leyes raciales nazis.*



Durante años, mientras muchos colegas emigraban, Meitner se sentía a salvo en Berlín, rodeada de amigos. Una relación entrañable la unía a los miembros de su equipo; Strassmann, además, era un antinazi convencido.

Tampoco Max Planck sentía simpatía por Hitler: en 1944, su hijo sería uno de los oficiales alemanes ejecutados por su implicación en el atentado fallido contra Hitler, el intento más serio en contra del Führer procedente del interior de Alemania.

Pero la anexión de Austria al Tercer Reich —en *Anschluss*— en marzo de 1938 cambió radicalmente la situación de Lise. El pasaporte de Meitner dejó de tener validez. Tampoco podía seguir trabajando ni publicando en Alemania.

Por si fuera poco, Himmler había ordenado impedir la emigración de personalidades científicas que, como ella, llamaran demasiado la atención en el extranjero sobre lo que ocurría en Alemania en ese momento (Lewin Sime, Ruth (2005): *Ergebnisse*, nº 24: From exceptional prominence to prominent exception. Lise Meitner at the Kaiser Wilhelm Institute for Chemistry, Berlín).

Su compañero y amigo, Hahn, organizó su huida a través de los Países Bajos. Casi sin equipaje y con el anillo de brillantes de la madre de Hahn como pago para sobornar a los guardias, en julio de 1938 Meitner cruzó la frontera holandesa ilegalmente.

Mientras todos estos sucesos cargaban el ambiente, los refugiados judíos tenían grandes problemas para encontrar cobijo. Meitner no encontró ayuda alguna en Holanda. De allí pasó a Dinamarca, donde se alojó en



*Pocos meses después, en la noche del 9 de noviembre de 1938, hordas nazis salieron a la calle para castigar a los judíos. Sinagogas y comercios ardieron, muchos hogares fueron violados. Miles de personas fueron arrestadas, y se sucedieron por todo el Reich asesinatos instigados por las autoridades. Los restos de escaparates sirvieron para dar nombre a aquella noche triste, la de los “**Cristales rotos**”. Los periódicos se llenaron de fotos de gentes con cara asustada, portando carteles que denunciaban su crimen: haber nacido judíos. El Tercer Reich iniciaba así, públicamente, su camino hacia el exterminio de la población judía europea.*



Entre tanto, en Berlín, una fiesta de Navidad se celebraba en el **Kaiser-Wilhelm-Institut** (de ella se hablará, veremos más adelante, en la famosa carta de Hahn sobre su experimento). Como parte de la celebración, el director del Instituto trajo un álbum en el que un aprendiz de poeta había escrito unos ripios pretendidamente jocosos. Quiere la casualidad que la rima se mantenga en la traducción:

*“Este libro es fragmentario
pero, garantizado, puro ario”*

*(“Dieses Buch ist fragmentarisch
aber garantiert rein arisch”)*

casa de los Bohr. Uno de los pioneros de la física cuántica, y autor del moderno modelo atómico, **Niels Bohr**, era parcialmente judío, y en su equipo trabajaba **Otto Frisch**, hijo de una hermana de Lise, y físico como su tía. Finalmente, Meitner llegó a Suecia: en Estocolmo encontró una acogida fría y un trabajo muy por debajo de sus capacidades.

Pero el contacto con el equipo de Berlín no se había perdido del todo. En noviembre, mientras las sinagogas ardían en Alemania, Hahn y Meitner, amigos y colegas durante treinta años, se habían encontrado clandestinamente en Dinamarca. Ambos acordaron que proseguirían la relación de manera epistolar, mientras fuera posible.

Pero esa comunicación con una judía exiliada debía quedar en secreto, por razones políticas. Por ese motivo, cuando Hahn y Strassmann publicaron los resultados de sus experimentos, el nombre de

Meitner, miembro fundamental del equipo —y su fundadora además!— quedó totalmente al margen. Un hecho que habría de tener consecuencias nefastas a la hora de atribuirse el mérito de los descubrimientos.

Tras abandonar la ciudad que había sido la suya durante más de treinta años, su laboratorio, sus amigos, en diciembre de 1938 Lise se enfrentaba en Suecia a su primera Navidad como exiliada.



*Boicot a un comercio judío:
“Alemanes, ¡defendeos, no les
compréis a los judíos!”.*



2. RAZA Y RACISMO

¿Qué es un **judío**? No es fácil contestar a esta pregunta, ni ha existido un criterio único a lo largo de la historia para definir a un judío.

En principio, “judío” es un término que remite a una religión, como “cristiano” o “musulmán”. Sin embargo, dentro del propio judaísmo existen tradiciones que establecen requisitos que hoy casi llamaríamos “biológicos”, como la **descendencia matrilineal**, es decir, el nacimiento de madre (considerada) judía. Según esta definición, cristianos como Marcel Proust o Niels Bohr —cuyas madres eran de origen judío— podrían entrar en la definición de judío y, sin embargo, no lo serían aquellos hijos de padre judío y madre no judía.

Así pues, aunque sea un concepto de tipo religioso, o étnico, siempre ha habido una cierta ambigüedad con el concepto. Por ejemplo, dentro del cristianismo se desarrolló muy pronto la idea de que el judío llevaba consigo una mancha hereditaria, debido al papel que se atribuía a los judíos en la muerte de Jesús. Ése es el origen del **antijudaísmo** que tiñe la historia de Europa durante siglos, y que fue especialmente virulento en países de fuerte presencia judía, como España.

Ahora bien, desde el punto de vista religioso, el judío que se convertía al cristianismo se “curaba” de su defecto, y pasaba a ser un cristiano a todos los efectos. La Iglesia no podía sino favorecer la conversión, por cuanto los protagonistas de los Evangelios —desde María a los Apóstoles, sin olvidar al propio Jesús— habían nacido judíos.

Pero el paso siguiente, el que convertiría lo que había sido un concepto religioso en un concepto biológico, y por lo tanto, pretendidamente científico, se dio en el siglo XIX, cuando surgieron las primeras teorías raciales.

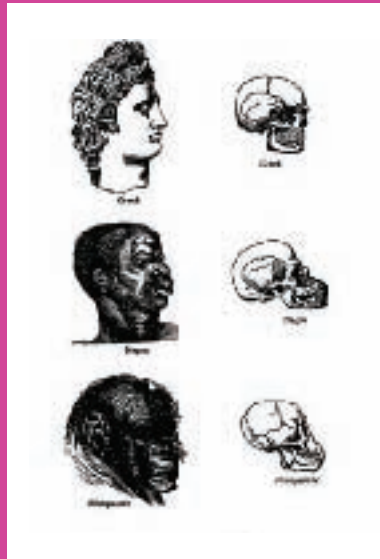
Los avances en las ciencias de la naturaleza durante ese siglo pusieron en duda las creencias tradicionales acerca del origen del hombre, que hasta el momento procedían sobre todo de la Biblia. Curiosamente, este hecho trajo consigo que se pusiera en duda una idea biológica que la Biblia transmitía: que todos los seres

*En ocasiones, con motivo de epidemias o conflictos sociales, el odio del populacho se dirigía contra los judíos, como la ola de **pogromos** que ensangrentó la Península Ibérica a partir de 1391, y que obligó a muchos judíos a bautizarse para salvar la vida.*

*Pero la conversión sólo agravó el problema. Muchos cristianos “viejos” acusaban a los conversos —con razón o sin ella— de conservar en secreto su fe. Eso dio lugar a que precisamente en España naciera un concepto que se aproximaba a lo que a partir del siglo XIX se llamaría claramente **antisemitismo**, es decir, racismo antijudío. Era la idea era que los judíos conversos llevaban en su sangre su pecado. Por eso se hablaba de “**limpieza de sangre**” —muchas universidades o cargos públicos estaban vedados a los descendientes de judíos— y de “**cristianos nuevos**” o “**marranos**” como términos despreciativos. La **Inquisición española** se creó precisamente para perseguir a los **criptojudíos**.*



Dibujo de un reo de la Inquisición realizado por Goya: “Por haber nacido en otra parte”.



La Teoría de la Evolución revolucionó la biología del siglo XIX. Los libros de Darwin fueron auténticos best seller que no sólo leyeron los hombres de ciencia. Muchas de sus ideas, deformadas y simplificadas, se hicieron populares.

Por ejemplo, la idea de la “supervivencia del más apto”, motor de la selección natural, se pervertía hasta dar lugar a la idea de “la ley del más fuerte”, muy útil para justificar el dominio de los ricos sobre los pobres, o de los colonizadores sobre los colonizados. El racismo se convirtió así en una teoría **pseudocientífica**. En las versiones más deformadas, como la que muestra la ilustración, los pueblos no europeos se presentaban como eslabones entre el simio y el ser humano.

A esta versión política de la Teoría de la Evolución, que poco tiene que ver con el verdadero Darwin, se la conoce con el nombre de “**darwinismo social**”.

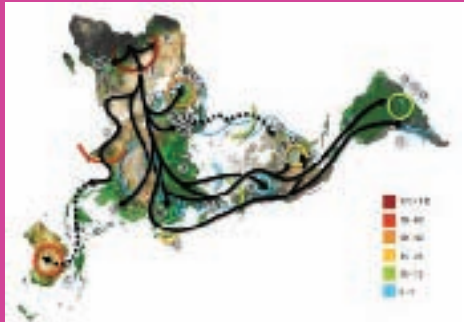
humanos eran descendientes de Adán y Eva y de Noé. A esto se le llamó, en el siglo XIX, “**monogenismo**”. Muchos científicos se hicieron “**poligenistas**”, es decir, pensaban que existían diferentes “razas” humanas —en el sentido que hoy daríamos más bien a la palabra “especie”— de origen diverso, y grupos mestizos que representaban la “degeneración” de las razas puras. Por supuesto, la idea de que la humanidad estaba dividida en razas iba acompañada de otra idea más preocupante aún: que algunas eran superiores y otras inferiores (Poliakov, Léon (1987): *Le mythe aryen*. París: Ed. Complexe).



El concepto decimonónico de **raza** —grupos humanos de origen diverso, en diferente grado de evolución, cuyo mestizaje da lugar a individuos híbridos o “degenerados”— es un concepto pseudocientífico, desmentido por la genética.

Los estudios genéticos demuestran que la **especie humana** es única, y que las diferencias de aspecto entre los diferentes grupos humanos se deben sobre todo a aislamientos prolongados. Hoy el término **raza** se utiliza sólo en el sentido de “**población**” (más o menos aislada), aunque se prefieren términos como “**etnia**”, que ponen de manifiesto que las diferencias más importantes entre grupos humanos son de tipo cultural más que biológico.

(Mead, Margaret et. al. (1986): La ciencia y el concepto de raza. Barcelona: Orbis).



Mapa de las **migraciones humanas**, basado en los estudios sobre el **ADN mitocondrial** (el que se transmite por vía materna). Los números representan miles de años de antigüedad.

Todos los humanos actuales son de origen africano. La clasificación racial clásica, basada sobre el color de la piel, no tiene ningún carácter científico.

Casi al mismo tiempo que Darwin publicaba su libro, un monje austriaco, Gregor Mendel, publicaba un modesto artículo sobre la reproducción de los guisantes: era el fundamento de la **genética**.

Sin embargo, la obra de Mendel era en muchos aspectos la antítesis de la darwiniana, en lo que a éxito se refiere: mientras que se agotaban las ediciones de *El origen de las especies*, durante casi cuatro décadas el artículo de Mendel pasó desapercibido. Este retraso en el desarrollo de la genética permitió que el hueco fuera cubierto por las teorías más imaginativas, variopintas y erróneas acerca de la clasificación de los diversos grupos humanos.

En un principio, el racismo se aplicó sobre todo a los pueblos extraeuropeos, como africanos, orientales o amerindios. Pero pronto surgió la idea de que también los judíos eran una raza diferente: una raza inferior, pero de aspecto engañoso, pues se confundía con la raza aria a la que quería destruir.

3. FÍSICA ARIA

Lise Meitner no había profesado nunca el judaísmo, y desde muy joven había sido bautizada y pertenecía a la iglesia protestante. Sin embargo, para los nazis, era una “judía”, y nada de lo que hiciera le permitirían dejar de serlo. La raza era imborrable.



La obra de un escritor británico nacionalizado alemán, **H. S. Chamberlain**, contribuyó a popularizar el antisemitismo, gracias al barniz pseudocientífico que utilizó. Muy conocido en Alemania gracias a su matrimonio con una hija de Wagner, Chamberlain fue una influencia decisiva en la ideología de Hitler.

Según Chamberlain, la historia se resumía en una lucha a muerte entre una raza superior, creativa —la **aria**, representada en su versión más pura por los alemanes— y otra parásita y destructiva, la raza **semita**: los judíos. Nada original era de origen judío. Ni siquiera el cristianismo: los judíos se lo habían robado a los persas arios.



Chamberlain tranquilizaba a muchos de sus lectores, cristianos racistas, que estaban tan turbados por el carácter indeleble de la raza judía. Según él, el propio Jesús tenía sangre aria... ¡gracias a que su verdadero padre había sido un legionario romano!

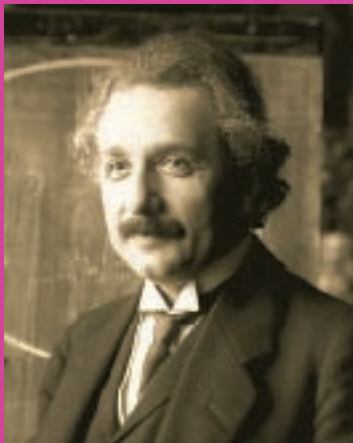
Más aún: la raza judía era una infección que se trasladaba también al mundo de la ciencia. El hecho de que muchos de los mayores físicos del siglo XIX fueran “judíos” hizo que la propia teoría de la relatividad y otras ramas avanzadas de la física cayeran en desgracia ante los nazis, que la consideraban “ciencia judía”.

Dos científicos alemanes galardonados con el premio Nobel, **Philip Lenard** y **Johannes Stark**, fundaron una “física alemana” (o aria) que debía estar basada sobre la realidad, frente a la física irreal, sin raíces, que representaba Albert Einstein. Así se definía la física alemana Lenard: “*Física aria, o física de los hombres nórdicos, física de los fundadores de la realidad, de los buscadores de la verdad, física de los que han puesto las bases de la investigación de la naturaleza. Se me replicará: ‘¡pero si la ciencia es internacional!’. Pero eso es un error. En realidad, la ciencia, como todo lo que crean los hombres, está definido por la raza, por la sangre...*”.

Entre otras cosas, estos físicos arios consideraban “judías” —y por lo tanto, intrínsecamente destructivas— la Teoría de la Relatividad y la mecánica cuántica, y rescataban el concepto que Einstein había echado abajo con su teoría: el famoso **éter**. En la física clásica, la luz se tenía que desplazar a través de un medio material que ocupara todo el espacio interestelar. Ese medio, que ya había postulado Aristóteles, se llamó “éter”, y se concebía como un medio muy poco denso y muy elástico.



En 1887, **Michelson y Morley** pensaron que sería posible medir la velocidad relativa del desplazamiento de la Tierra respecto al éter, pues si el éter existía, el movimiento del planeta tenía que producir algún tipo de “viento” detectable.



El experimento se llevó a cabo con sumo cuidado y con mediciones muy exactas. El resultado fue descorazonador: no fue posible notar ninguno de los efectos que la teoría preveía. El mundo de la física quedó desconcertado, y durante décadas no fue posible explicar un resultado empírico que no se correspondía con la teoría.

Hasta que en 1905 Albert Einstein publicó su **Teoría de la Relatividad Restringida**, que afirmaba que “la velocidad de la luz medida por un observador es la misma independientemente de la velocidad con que se mueva la fuente que emite la luz, con respecto a ese observador, con tal de que la fuente de luz se mueva uniformemente” (Bernstein, Jeremy (1993): Einstein. El hombre y su obra. Madrid: McGraw Hill: 33). Así pues, el éter no existía, ni era necesario tampoco. Pero la nueva teoría proporcionaba una idea que chocaba con la lógica cotidiana, pues implicaba que no existía el “**movimiento absoluto**”.

| La fisión nuclear

1. EL DESCUBRIMIENTO



El 9 de agosto de 1945 una bomba llamada “Fat man” (“hombre gordo”) estalló sobre la ciudad japonesa de **Nagasaki** aniquilando instantáneamente a unas 80.000 personas. Los efectos de las quemaduras y la radiación mataron a otras muchos miles en los años siguientes. Seis días después de la explosión, Japón se rindió y acababa la Segunda Guerra Mundial.

Los americanos habían probado dos tipos de bombas. La de **Hiroshima**, lanzada el día 6, estaba construida a base de **uranio 235**; la de Nagasaki era de **plutonio 239**, un elemento sintético. El principio era el mismo: la fisión nuclear.

En realidad, el **Proyecto Manhattan** que llevó al desarrollo de la bomba atómica estaba destinado a vencer a Alemania, no a Japón. Pero la guerra acabó en Europa unos meses antes de la primera explosión en Los Álamos, en julio de 1945.

Dedicada a la ciencia durante décadas, Meitner había renunciado casi por completo a una vida personal: con pocas excepciones, ése era uno de los peajes que tenían que pagar las mujeres que, como ella, se dedicaban a la ciencia. En Estocolmo, en un ambiente poco acogedor —sus superiores eran reacios a la intervención de las mujeres en la ciencia, y sólo el renombre de la austriaca les había obligado a darle empleo—, Meitner se alojaba en un hotel y apenas conocía a nadie.

Una amiga le invitó a pasar las Navidades en Kungälv. Era una buena ocasión para encontrarse con su sobrino. Cuando éste llegó, Meitner acababa de recibir una carta de Berlín. Hahn le daba cuenta del resultado de un experimento realizado el 17 de diciembre, y el contratiempo que se habían encontrado: al bombardear un átomo de uranio, habían aparecido en la muestra otros elementos, bario y criptón, y se había medido una emisión de energía desmesurada. Hahn estaba perplejo por el resultado de su análisis, y

decepcionado, pues el intento por conseguir un elemento más pesado que el uranio había fracasado. En su carta mostraba claramente su desconcierto:

Podría tratarse de una casualidad realmente asombrosa. Pero una y otra vez llegamos a este horrible resultado: nuestros isótopos de radio no se comportan como radio, sino como bario. Desde luego, no hay ni rastro de otros elementos transuránicos. He convenido con Strassmann que por ahora sólo te lo diríamos a ti. Quizá tú podrías proponer alguna explicación fantástica. Sabemos muy bien que (el uranio) no se puede romper en bario... Ahora llegan las vacaciones de Navidad, y mañana es la fiesta navideña de costumbre, tras tanto tiempo sin ti. (traducido y adaptado).

Ésa era la carta de la que hablaban Lise y Otto en aquel paseo por el bosque nevado. Así recordaría Frisch más tarde aquella conversación:

¿Se trataba de un error? No, decía Lise Meitner; Hahn era demasiado buen químico como para eso. Pero, ¿cómo podía el bario estar formado de uranio? (...) Tampoco era posible que el núcleo del uranio se hubiera partido en dos por la mitad. Un núcleo no era como un caramelo sólido que se partir o romper (...) Se había sugerido y argumentado que el núcleo se parecía más a una gota de líquido. ¿Quizá la gota podía dividirse en dos gotas más pequeñas de manera gradual, alargándose primero, luego encogiéndose, y separándose finalmente en dos? Pero sabíamos que había grandes fuerzas para resistir ese proceso, parecidas a la tensión superficial de una gota de líquido ordinaria, que resistiese su división en dos más pequeñas. Pero los núcleos se diferencian de las gotas ordinarias sobre todo en una cosa: están cargados eléctricamente, y se sabía que eso contrarrestaba la tensión superficial.

*De hecho, el núcleo de uranio, pensamos, era suficientemente grande como para vender el efecto de la tensión casi por completo; así que este núcleo podría parecerse a una gota muy inestable, temblorosa, lista para dividirse en dos a la menor provocación, como el impacto de un único neutrón. Pero había otro problema. Después de la división, las dos gotas se separarían como consecuencia de la repulsión eléctrica mutua, adquiriendo una elevada velocidad, y en consecuencia, una gran energía, unos 200 MeV. ¿De dónde podría venir tanta energía?... Lise Meitner calculó que la unión de los dos núcleos formados a partir de la división del uranio sería más ligera que el núcleo original en, aproximadamente, un quinto de la masa de un protón. Ahora bien, al desaparecer la masa, se crearía una energía, según la fórmula de Einstein ($E=mc^2$) y un quinto de la masa de un protón sería equivalente precisamente a 200 MeV. ¡Así que ésa era la fuente de energía, todo encajaba! (Frisch, Otto (1991): *What little I remember*. Cambridge U.P.).*

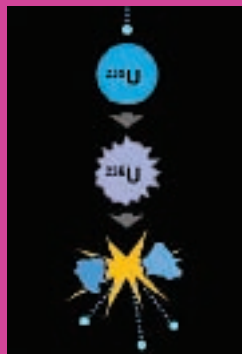


Diagrama de la fisión interpretada por Meitner y Frisch: un neutrón choca contra un átomo de uranio 235, convirtiéndolo en el isótopo inestable uranio 236, que se fisiona, liberando a su vez nuevos neutrones.

Además, se libera una energía que Meitner calculó en 200 MeV.

*1 electronvoltio (eV) es la energía que adquiere un electrón al ser acelerado por una diferencia de potencial en el vacío de 1 voltio.
1eV = 1.602176462 · 10⁻¹⁹ julios.*

1 megaelectronvoltio: MeV = 10³ keV = 10⁶ eV.

Meitner y Frisch habían interpretado correctamente el experimento de Hahn, y habían descubierto la mayor fuerza conocida de la naturaleza. Frisch propuso llamar al proceso recién descubierto “**fisión nuclear**”, por analogía a la fisión celular. Meitner se apresuró a comunicar sus conclusiones a Berlín.

En los meses siguientes aparecieron, de manera separada, los textos firmados por Hahn y Strassmann, por un lado, y Meitner-Frisch por el otro. Frisch volvió a Copenhague e informó a Bohr de sus hallazgos. Éste exclamó: “¡Qué idiotas hemos sido todos! ¡Tendríamos que haberlo previsto!”.

Unos meses después, el 1 de septiembre de 1939, estallaba la Segunda Guerra Mundial. La fisión se había convertido en un asunto militar.

2. E = MC²

El descubrimiento de Meitner ponía de manifiesto una de las consecuencias más visibles de esta equivalencia de masa y energía. La velocidad de la luz es una constante fundamental de la naturaleza que se aproxima a los 300.000 km/s (299.793 km/s): una velocidad enorme, comparada con las velocidades a las que estamos acostumbrados en la vida cotidiana.

Si elevamos esa ingente cantidad al cuadrado, la cifra resultante es un número compuesto de once dígitos. Por lo tanto, una cantidad muy pequeña de masa equivale a una magnitud mucho mayor de energía.

En el caso de que nos ocupa ahora, la reacción era la siguiente:



*La **fórmula de Einstein** que recoge la equivalencia de masa y energía es quizá la ecuación física más*

popular. Hasta tal punto ha llegado a convertirse en un icono del siglo XX, que ha sido tema de manifestaciones artísticas hasta empleos mucho más banales, como la decoración de camisetas. Sin embargo, mucha gente sigue ignorando su significado.



En esa reacción se produce una pérdida de masa de 0,190 u (unidad de masa atómica, que equivale a la duodécima parte de la masa del átomo del carbono -12, o a $1,660\ 737\ 86 \cdot 10^{-24}$ gramos). Si se aplica la equivalencia de masa y energía, eso equivale a 177 MeV. El cálculo de Meitner y Frisch, 200 MeV, era bastante preciso para 1938. En todo caso, revelaba una que la fisión nuclear desencadenaba una enorme cantidad de energía.

Y ese descubrimiento, el de la energía más potente nunca antes desarrollada por el ser humano, tenía lugar a comienzos del mismo año en que comenzaría la mayor guerra de la historia.

3. EL PREMIO

Nada más volver a Copenhague, Frisch repitió los experimentos, y desarrolló la teoría de la reacción en cadena. Unos meses después, durante un viaje a Inglaterra se vio sorprendido por el estallido de la Segunda Guerra Mundial. Nacionalizado británico, Frisch participaría en el desarrollo de las armas nucleares de los aliados.

La noticia de la fisión nuclear sacudió al mundo de la ciencia. En 1939 Szilárd y Fermi descubrieron la multiplicación de neutrones en la fisión del uranio, lo que demostraba la posibilidad de una reacción en cadena. La puerta que llevaba a la construcción de una bomba atómica estaba abierta.

Szilárd era otro fugitivo de la Alemania nazi. En agosto de 1939 se dirigió al más importante de los refugiados europeos en Estados Unidos, Albert Einstein, para pedirle ayuda: había que conseguir por todos los medios que la terrible arma que estaba a punto de descubrirse no cayera en manos de los nazis. Szilárd redactó la famosa carta que firmó Einstein, dirigida al presidente de los Estados Unidos, F. D. Roosevelt, que habría de cambiar la historia del mundo. En ella le advertía de los riesgos que corría el mundo:

“En el curso de los últimos cuatro meses se ha hecho probable —por el trabajo de Joliot en Francia y de Fermi y Szilard en América— que se pueda establecer una reacción en cadena en una gran masa de uranio, en el curso de la cual se generarían inmensas cantidades de energía y de elementos parecidos al radio. Ahora parece así seguro que se podrá conseguir en un futuro inmediato.

Este nuevo fenómeno conduciría a la construcción de bombas... Una sola bomba de este tipo, llevada en un barco y explotada en un puerto, puede destruir completamente el puerto y parte del territorio circundante...

El resultado de esta carta fue el Proyecto Manhattan, que llevó al desarrollo de la bomba atómica en 1945.

Durante la guerra, las investigaciones acerca de la fisión del uranio permanecieron en secreto. Pero la noticia que había llegado era su descubrimiento por Hahn. Meitner no había sido nombrada, por razones políticas, sin duda, pero también por un lamentable oportunismo. Por otra parte, Meitner no quiso abandonar la neutral Suecia, ni se implicó, como su sobrino, en el desarrollo de la bomba: siempre defendió que el uso de la energía nuclear debía ser pacífico. Pero, por una ironía de la historia, su nombre iría siempre unido al de la bomba que nunca quiso construir. En 1946, en una visita a los Estados Unidos, la prensa popular estadounidense la bautizó como “la madre de la bomba atómica”.

En 1944, mientras se desarrollaba el Proyecto Manhattan en los Estados Unidos, que llevaría al estallido de la primera bomba atómica en el desierto de Nuevo México, la Academia Sueca de las Ciencias concedía el Premio Nobel de Química a Otto Hahn. Ni una mención para la aportación de Meitner. En aquel momento nadie discutió aquel premio —aunque es para preguntarse si resultaba oportuno, en los estertores de la guerra, conceder ese premio a un alemán que seguía trabajando para el régimen nazi, en el momento en el que Alemania intentaba fabricar su propia bomba atómica—. Tanto Hahn como otros científicos alemanes de primer orden, dirigidos por Heisenberg, participaron en el proyecto nuclear alemán. Otros muchos compatriotas suyos trabajaban en Nuevo México en el Proyecto Manhattan.



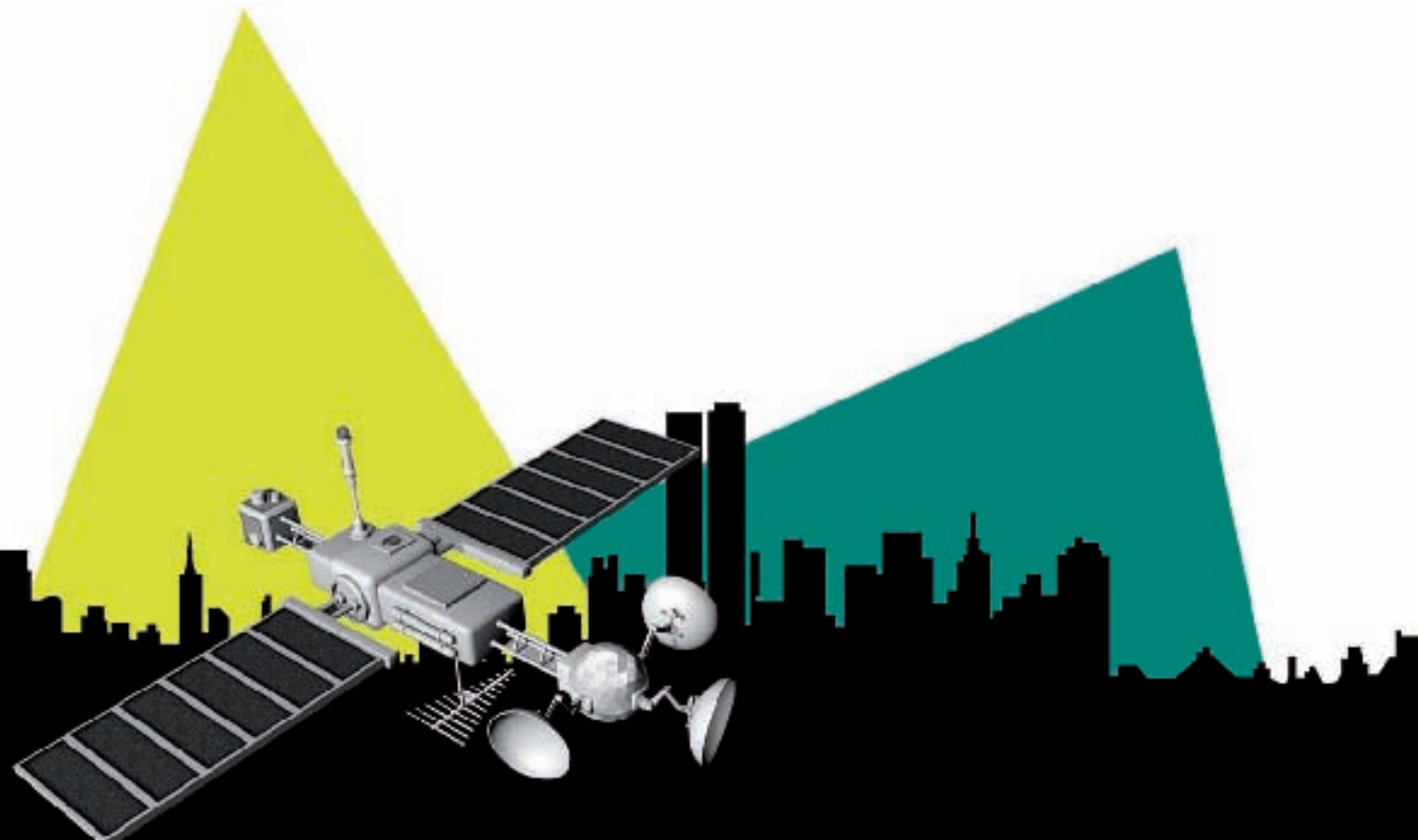
Einstein con Oppenheimer, el director del Proyecto Manhattan. Einstein no participó directamente en el proyecto, pero su firma en la petición a Roosevelt fue determinante.



Meitner permaneció en Suecia durante la guerra y nunca quiso oír participar en la bomba.

Dicen que el día en que cayó la bomba sobre Hiroshima, Einstein deseó haber quemado sus dedos antes de firmar aquella carta.

Quizá el mayor homenaje que podemos rendir a Lise Meitner, que nunca recibió el Nobel que merecía, sea que reconozcamos que su bondad y perspicacia no iban a la zaga de su inteligencia.



| UNIDAD TEMÁTICA 3 | NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO

Juan Luis García Hourcade
Catedrático de Física y Química
IES Mariano Quintanilla, Segovia

| Introducción y justificación

Lo que se presenta es una propuesta de trabajo abierta: es susceptible de utilizarse en parte o en su totalidad tal como se presenta, alterar el orden de su desarrollo o los contenidos manteniendo el esquema, ampliar o recortar, primar un bloque u otro, llevarla a cabo con más o menos carga conceptual... En definitiva, es un tratamiento que, en función de las circunstancias en las que se haya de poner práctica, puede ser trasladada a cada situación educativa a través de distintos niveles de concreción de actividad en el aula, lo que dependerá en gran medida del profesor y de las posibilidades y entorno del centro y alumnado.

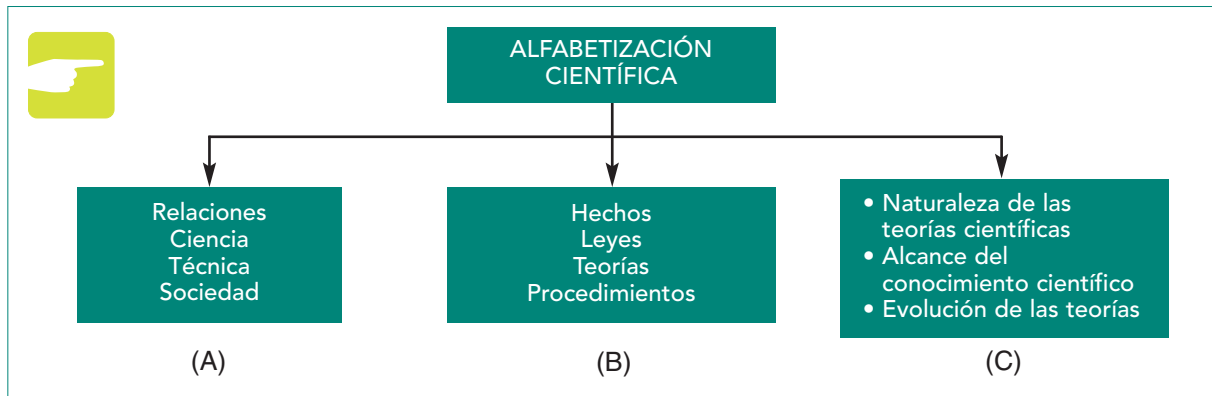
Los conceptos básicos y fundamentales ya han sido vistos en cierta medida en la ESO. Su tratamiento se llevará a cabo ahora con una nueva perspectiva y, dado que una característica esencial e irrenunciable de la ciencia es el uso de la matemática y la experimentación para formalizar hechos y fenómenos, formular leyes y construir teorías, no debería relegarse a una posición marginal ni el uso de las matemáticas ni el recurso a las “ilustraciones” experimentales en el tratamiento de los mismos, ni siquiera para los alumnos de letras, aunque pueden darse distintos niveles de tratamiento y, en todo caso, no se superará el límite de lo “semicuantitativo”.

Quizá sea un buen momento para “recuperar” para la ciencia a muchos alumnos que no le encontraron sentido por presentársela a base de contenidos exclusivamente teóricos y desconectados de problemas o situaciones que revistieran interés para ellos, incorporándolos ahora de un modo más significativo.

Por otro lado, las características de la cultura y educación científica (o alfabetización, si se prefiere) que hacen referencia a los aspectos más allá de lo puramente científicos, es decir, los que tienen que ver con el conocimiento de la naturaleza de la propia ciencia, su ámbito de aplicación, sus limitaciones y el modo en que progresa, así como las relaciones entre la ciencia y la sociedad, son los que a pesar de figurar como objetivos explícitos en todos los decretos sobre los currículos de la enseñanza obligatoria, hay que reconocer que no se han conseguido.

Si lo que se pretende entonces es contribuir a la formación de ciudadanos capaces de entender y valorar mensajes científicos y que con sus actos colaboren al progreso humano, entonces la instrucción científica debe completarse con una carga de conocimientos explícitos sobre la propia ciencia y sus relaciones con la sociedad.

Lo anterior puede esquematizarse del siguiente modo:



La formación científica no universitaria (y también la universitaria) ha consistido de modo muy generalizado en una “instrucción científica” que supone un manejo suficiente de los contenidos teórico-factuales y de los procedimientos metodológicos de una disciplina científica (el nivel B del cuadro).

Pero para alcanzar una suficiente cultura o alfabetización científica al “instruido”, le falta la posesión de los conocimientos relativos a los niveles (A) y (C), es decir, el manejo de categorías metacientíficas e históricas: tener conocimiento de las características y relaciones que se dan entre los elementos del nivel (B), la importancia del “externalismo” en la producción científica y la influencia determinante de la ciencia en el desarrollo y relaciones sociales.

Y ello porque **si no se hace así**, lo que se está haciendo “por defecto” es favorecer que se extienda por el cuerpo social un conocimiento erróneo sobre algo tan presente en la sociedad actual como es la actividad científica.

Si la enseñanza se limita a la instrucción científica, lo que se produce no es una simple carencia de los conocimientos relativos a los niveles metacientíficos e histórico-sociales, sino que la comprensión de la naturaleza de la ciencia, de lo que es la ciencia, tiene lugar de manera defectuosa, ya que la ausencia de estas consideraciones generalmente lleva aparejada la transmisión de una idea incorrecta de la ciencia.

Si se presenta la ciencia descontextualizada y sin historia como un conjunto de saberes acabados, dispuestos a ser contrastados exitosamente cuantas veces queramos, basados en hechos y observaciones que no presentan ambigüedad alguna, con un pasado sin interés, puesto que está contenido en el presente y con un futuro que consiste únicamente en ir ampliando las aplicaciones del presente, estaremos presentando y enseñando una ciencia estática y sin problemas y, paralelamente, se trasmite el inductivismo más ingenuo como metodología científica (las generalizaciones son

únicamente cuestión de observación y se convierten en verdades, la observación precede a toda actividad científica, las teorías “están” en los hechos...) y un empirismo exacerbado como filosofía acompañante.

Se acaba entonces en la absolutización del conocimiento científico, en la aceptación acrítica de resultados y métodos y en el desarrollo de un pensamiento dogmático.

Medios de comunicación, libros, periodistas, políticos y profesores dan ejemplos una y otra vez de lo enormemente extendida que se encuentra esta situación y que, paradójicamente, tiene en la ignorancia la base sobre la que se asienta el prestigio científico.

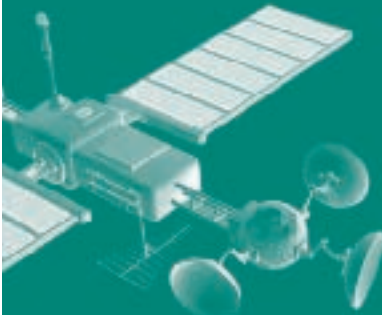
Desde esta perspectiva, un tema sobre el universo ofrece suficientes posibilidades que no se deben desaprovechar para tratar “de ciencias” y “sobre ciencia”.

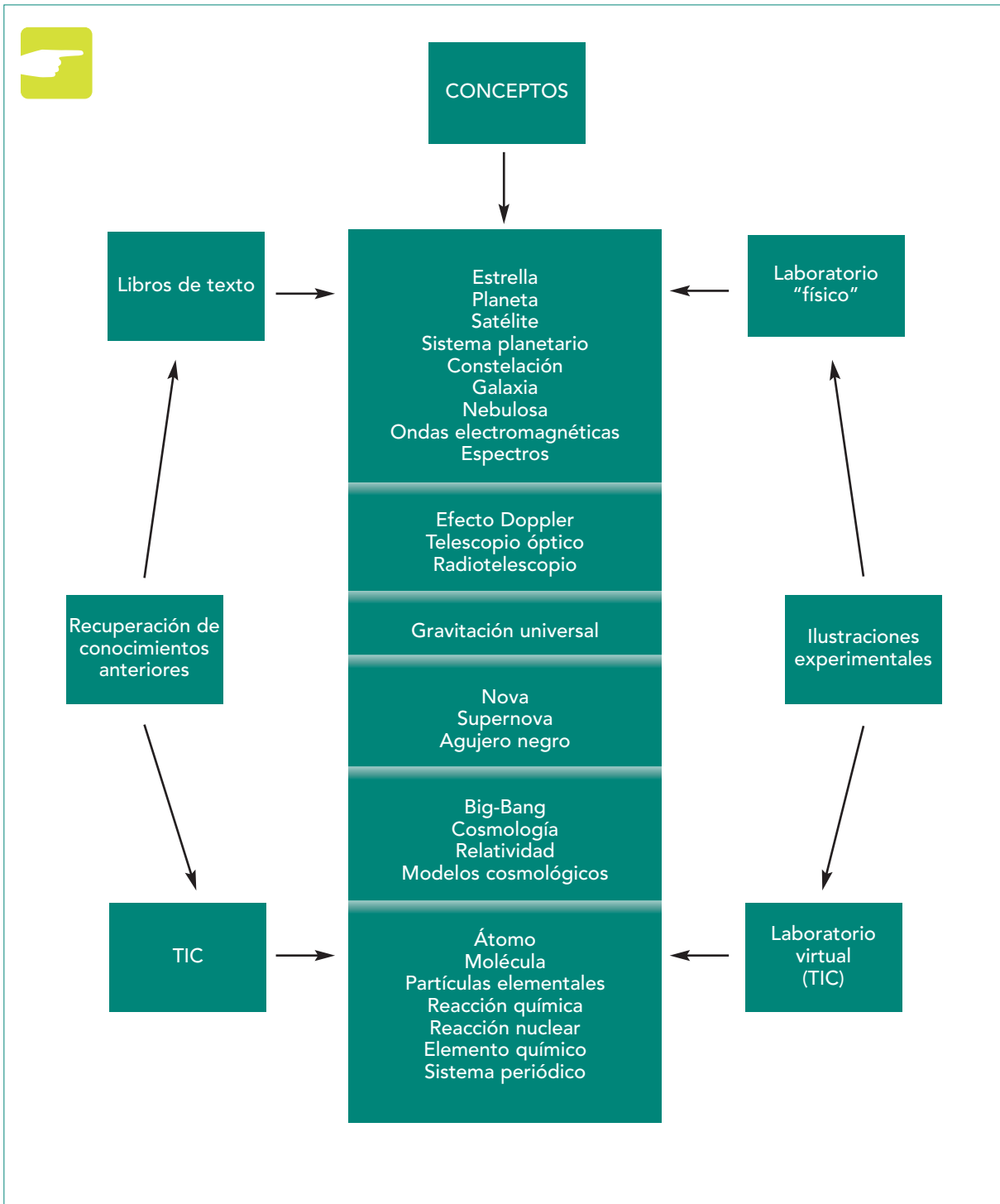
Siguiendo lo que se acaba de decir, el desarrollo de la unidad se ha organizado en torno a tres bloques y habrá de tenerse en cuenta que los bloques (2) y (3) pueden repetirse de modo muy similar en el tratamiento de otros temas de CMC, con lo que no deben perderse de vista las actividades y posibilidades de refuerzo e interdisciplinariedad.

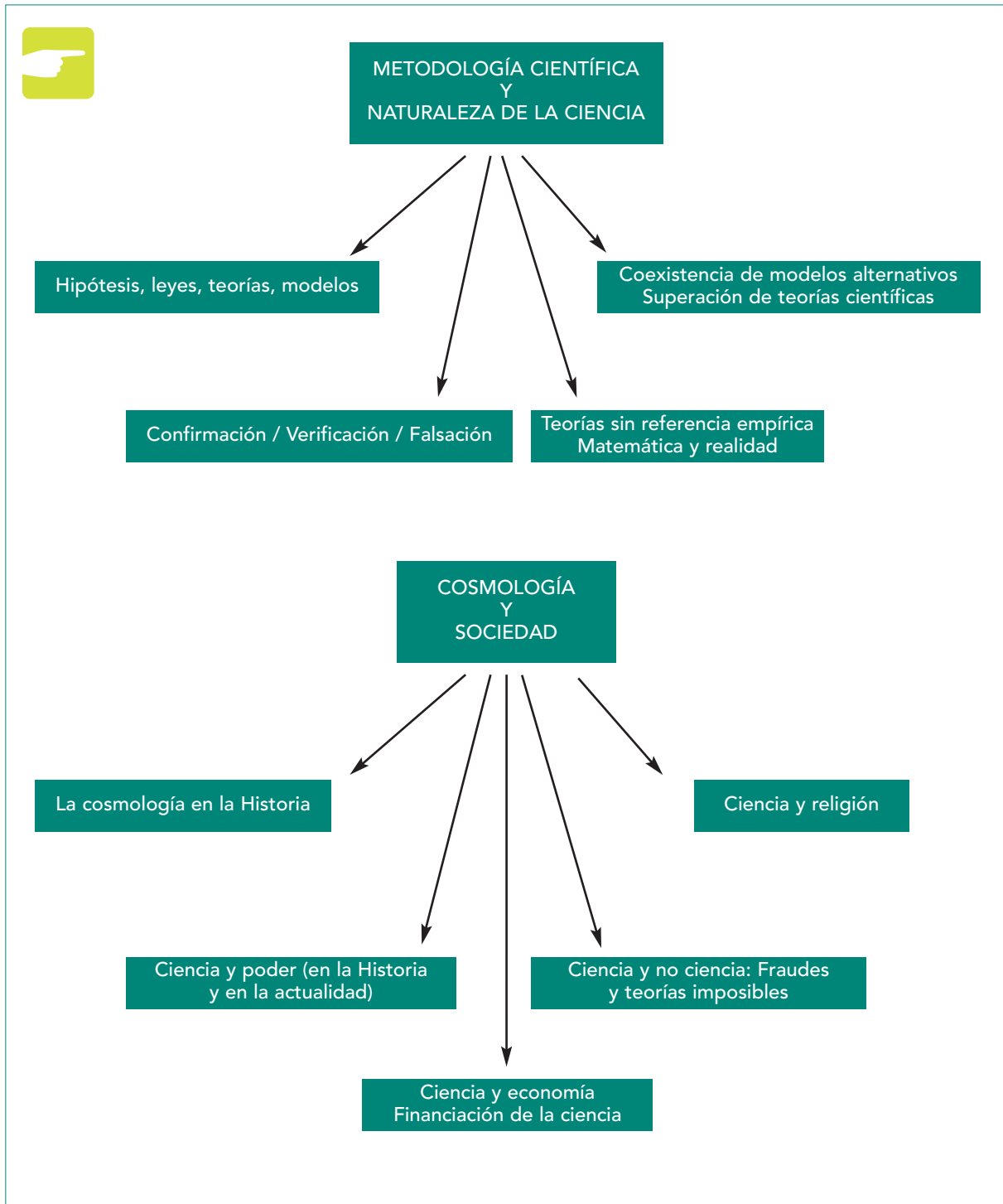


Los objetivos generales de las CMC que pueden relacionarse con esta presentación serían:

1. Conocer el significado cualitativo de algunos conceptos, leyes y teorías, para formarse opiniones fundamentadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas, que tengan incidencia en las condiciones de vida personal y global y sean objeto de controversia social y debate público.
2. Plantearse preguntas sobre cuestiones y problemas científicos de actualidad y tratar de buscar sus propias respuestas, utilizando y seleccionando de forma crítica información proveniente de diversas fuentes.
3. Obtener, analizar y organizar informaciones de contenido científico, utilizar representaciones y modelos, hacer conjeturas, formular hipótesis y realizar reflexiones fundadas que permitan tomar decisiones fundamentadas y comunicarlas a los demás con coherencia, precisión y claridad.
7. Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de la calidad de vida, reconociendo sus aportaciones y sus limitaciones como empresa humana cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas al contexto cultural y social en el que se desarrollan.
8. Reconocer en algunos ejemplos concretos la influencia recíproca entre el desarrollo científico y tecnológico y los contextos sociales, políticos, económicos, religiosos, educativos y culturales en que se produce el conocimiento y sus aplicaciones.







| El universo: qué hay y cómo lo estudiamos

Para adentrarnos en el universo, en algo de lo que sabemos actualmente de él y tomar contacto con algunos de los problemas de distinto tipo que lleva aparejada la investigación del mismo, nos apoyaremos en la visión de una película, basada en una novel homónima del astrónomo y divulgador Carl Sagan: *Contact* (Robert Zemeckis, 1997).

El material que aquí representa puede organizarse de modos diversos y acomodarse a preferencias distintas en relación a su secuenciación; también dar más o menos importancia a uno u otro bloque de actividades y ampliar o reducir alguno o todos ellos. Se puede comenzar con la visión de la película o con algunas actividades. Será una opción del profesor. Aquí se inicia con actividades preparatorias a la visión del filme.



A.1. Para su mejor comprensión, y facilitar el trabajo posterior, necesitaremos manejar algunas nociones y conceptos que aparecen y se usan a lo largo del filme.

Indica cuáles de las nociones y conceptos que se presentan en el cuestionario (todos ellos son citados una o más veces en la película) te resultan conocidas e intenta dar una explicación de lo que entiendes por ellas.

- C.1** Se les presentará un cuadro/tabla conteniendo los conceptos relativos al cosmos que aparecen en la película y que son: radiotelescopio, púlsar, agujero negro, nebulosa, cuántar, constelación, planeta, supernova, ascensión recta y declinación, análisis espectral, relatividad especial, año luz, proyecto seti, agujero de gusano.

Esta actividad permitirá detectar tanto lo que conocen o desconocen como los errores conceptuales que puedan poseer.

Es probable que haya diferencias entre los alumnos que hayan cursado ciencias en 4º de ESO y los que no lo hayan hecho. La estrategia será trabajar como si todos fueran iguales.





A.2. Busca el significado y, en su caso, la explicación de los conceptos que se indican. Puedes hacerlo buscando en la red de Internet o, si lo prefieres, en libros o enciclopedias.

C.2 Direcciones de Internet hay multitud, pero convendría darles alguna para evitar pérdida de tiempo en el propio proceso de búsqueda. Para lo que en este tema se tratará es más que suficiente el portal de astronomía de Wikipedia (@ <http://es.wikipedia.org>); también pueden proponerse algunas páginas con carácter divulgativo, como Exploreemos el Universo (@ <http://weblogs.madrimasdorg/astrofisicawww.astroverada.com>) o Astronomía Educativa (@ <http://www.astromia.com/index.htm>). Para una profundización sin perder carácter divulgativo y de gran actualidad, puede consultarse el blog “Bitácora estelar” (@ <http://weblogs.madrimasdorg/astrofisica>).

El trabajo se organizará en grupos de tres alumnos, a cada uno de los cuales se le propondrán varios de los conceptos sobre los que se trató en la A.1. El conjunto de los grupos deben completar la totalidad de los que allí aparecían.



A.3. Exposición por grupos de los resultados de la actividad A.2 y establecimiento de un “léxico” de trabajo común, con sus correspondientes significados.

C.3 El resultado de esta actividad se imprimirá y constituirá un material de trabajo y consulta.

En este momento no será necesario explicar, sino simplemente describir o caracterizar cada noción o concepto. En algún caso (análisis espectral, por ejemplo) puede que no sea sencillo quedarse en la mera descripción, pero se diferirá la explicación hasta actividades posteriores.

Hay que tener en cuenta que entre los conceptos que se les han presentado los hay de distinta naturaleza y dificultad y para cada uno de ellos se llevarán a cabo distintas actividades:

- Cuerpos celestes o entes estelares, cuya definición no debe causar dificultad.
- Instrumentos y herramientas (radiotelescopio, año luz, declinación...) que requerirán una explicación cualitativa de su base teórica o funcionamiento y fines.
- Nociones asociadas a metodologías, que necesariamente será también necesario explicar: análisis espectral.
- Teorías o nociones derivadas de ellas. Sobre todo relatividad especial.



A.4. En la noticia periodística que se te presenta aparecen referencias a la observación del espacio. Señálalas e intenta dar un significado a las mismas.

- C.4** El texto a presentar deberá contener referencias a “radiotelescopio”, “observación óptica”, “telescopio de rayos X”, “exploración en el infrarrojo”, etcétera.



ALICIA RIVERA. *El País*, El Escorial, 6 de junio de 2007

España y Rusia ultiman con sus socios los detalles del futuro telescopio ultravioleta

A los astrónomos les interesa mucho observar el cielo en todas las longitudes de onda, no sólo en la parte directamente visible, y antes, cuando no podían hacerlo, tenían una visión muy restringida del universo. Por ello recurren a telescopios e instrumentos especializados en mirar en rayos X, en gamma, en ultravioleta, en infrarrojo y en radio, unos en tierra y otros necesariamente en el espacio (si la radiación que captan es interceptada por la atmósfera). En ultravioleta, por ejemplo, se registra especialmente bien la composición química de muchos cuerpos celestes, así como fenómenos de alta temperatura. Sin embargo, destacan los astrónomos especialistas en ultravioleta, ahora mismo no hay más que un telescopio de este rango, el *Hubble*, que dejará de funcionar alrededor de 2012, y su descendiente, el *James Webb*, será un observatorio infrarrojo.

Por ello, astrónomos de todo el mundo han ido trabajando y coordinándose en los últimos años en torno al reto de poner en órbita un nuevo telescopio espacial ultravioleta. El desafío de hacerlo lo han asumido Rusia y España, como primeros socios del World Space Observatory (WSO), misión de astronomía ultravioleta a la que se han incorporado ya Alemania, Italia, China y Ucrania. Los expertos de todos los socios, junto con otros especialistas mundiales, se reunieron la semana pasada en El Escorial, en el congreso *Astronomía espacial: la ventana ultravioleta al universo*. Además de discutir los detalles del futuro telescopio y la ciencia que con él podrán hacer, los científicos dedicaron la reunión al astrónomo holandés afincado en España Willem Wamsteker, *padre* del WSO y su máximo impulsor hasta su muerte en 2005.

El WSO tendrá un espejo principal de 1,7 metros de diámetro y se colocará en órbita a 40.000 kilómetros de altura. Deberá funcionar al menos cinco años y, posiblemente, 10. La fecha de lanzamiento

está entre 2010 y 2012, informó Ana Inés Gómez de Castro, coordinadora de la parte científica española en la misión.

La participación de España a la hora de desarrollar y construir equipos se centrará en el llamado segmento de tierra, es decir, en los sistemas de control, orientación y recepción de datos del telescopio, informó Manuel Serrano, del Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI, Ministerio de Industria). También habrá expertos españoles implicados en la preparación de las cámaras y espectrógrafos, añadió Gómez de Castro. El coste de la misión ronda los 300 millones de euros.

El investigador principal del WSO es el científico ruso Boris Shustov, quien explicó en El Escorial que el telescopio es heredero avanzado de un proyecto soviético que nunca vio la luz, un telescopio ultravioleta que debía haber sustituido al *Astron*, pero que fue víctima de los tremendos recortes presupuestarios que sufrió la actividad espacial de su país en los años noventa. “Teníamos prototipos del telescopio, incluso ensayados en parte”, explicó Shustov. “Ahora tenemos la financiación necesaria para nuestra participación en el WSO”. Rusia se encargará de la plataforma del observatorio y el lanzador.

“La evolución de las galaxias y el medio intergaláctico son dos objetivos especialmente interesantes del ultravioleta”, explicó el científico ruso. “Hay que tener en cuenta que sólo el 4% de todo lo que existe en el universo es materia ordinaria, visible, el resto es materia oscura y energía oscura; y de ese 4%, la mitad, el 2% de lo que vemos, se observa en el ultravioleta, la mayor parte del universo emite en ultravioleta”, comentó Shustov.

“Hay que poner el telescopio en el espacio porque, afortunadamente para la vida, la atmósfera terrestre es opaca en gran medida para el ultravioleta”, argumentó Gómez de Castro. Galaxias desde

sigue>

>continúa

que estaban casi formadas hasta ahora, la composición y distribución de la materia intergaláctica y la atmósfera de exoplanetas fueron ejemplos que puso esta científica de la Universidad Complutense al describir los intereses de los astrónomos.

Muchos de los científicos que ahora esperan el WSO utilizaron el que fue uno de los telescopios más fructíferos, el International Ultraviolet Explorer (IUE), de la NASA y la ESA, que funcionó desde 1978 a 1996. Pero ahora parece haber ganado protagonismo la astronomía en infrarrojo, rango idóneo para observar tanto las galaxias más lejanas como los cuerpos fríos que son los exoplanetas o las regiones de formación estelar veladas por polvo y gas. “El infrarrojo está bien, pero muchas cosas requieren el ultravioleta, por ejemplo la identificación en cuerpos celestes de elementos como el carbono, el nitrógeno, el oxígeno, el manganeso, el azufre, etcétera”, advirtió en El Escorial el estadounidense Jeffrey Linsky,

una de las personalidades científicas más destacadas del mundo en esta rama de la astronomía y diseñador de instrumentos del *Hubble*. “No olvide que diseñamos instrumentos astronómicos para unos objetivos científicos determinados y, a menudo, lo más interesante es precisamente lo que no se predijo, lo inesperado”, añadió. Él comentó que hay muchos científicos estadounidenses interesados en la astronomía ultravioleta, y en el mismo WSO, y que no podía explicarse la ausencia de su país en la misión. “No lo sé, no represento a la NASA”, dijo.

La que sí se ha implicado es la Agencia Espacial Italiana (ASI), a través de la cual Isabella Pagano y Salvo Scuderi —la primera ocupándose de la ciencia y el segundo del desarrollo tecnológico— aúnan los intereses de la comunidad astronómica ultravioleta de su país en el WSO. Ellos se encargan de desarrollar uno de los instrumentos, con tres cámaras.

Esto puede poner de manifiesto que existen carencias en la comprensión del “léxico” establecido en la A.3. Por tanto, será esperable tener que llevar a cabo la siguiente actividad



A.5. Explicación cualitativa de lo que es una onda y sus magnitudes fundamentales. Introducción de las ondas electromagnéticas y las características del espectro electromagnético.

- C.5** Todo ello debe relacionarse con aspectos funcionales del entorno: ondas mecánicas y electromagnéticas (luz y sonido), uso de ciertas tecnologías basadas en las ondas (ecografías, sónar, radar, microondas...) y permitirá conseguir que en el tratamiento de temas posteriores (nuevas tecnologías o medioambiente) el alumno se encuentre familiarizado con conceptos necesarios para cuestiones como dispositivos inalámbricos, radiación ultravioleta y su nocividad o el funcionamiento del efecto invernadero.



A.6. Usando espectroscopios de bolsillo, analizar distintas fuentes luminosas del entorno. Establecer el análisis espectral como “localizador de huellas digitales” y un método de detectar la presencia de distintos elementos químicos en los cuerpos celestes.

- C.6** Debería mostrarse experimentalmente una dispersión de la luz blanca y usar espectroscopios de bolsillo para visualizar espectros de luces presentes en la vida cotidiana, facilitando una explicación cualitativa del fenómeno y del aparato.



A.7. Busca y colecciona espectros de distintos elementos químicos.

- C.7** Se puede llevar a cabo en la red y con los resultados elaborar pósteres o paneles presentando el fundamento del análisis espectral y su utilidad para conocer la composición de las estrellas.

Puede ser éste el momento para dar una explicación cualitativa del origen de los elementos químicos y el “polvo de estrellas” que somos todos. También del fenómeno de “desplazamiento al rojo” de las líneas espectrales y la evidencia experimental que supone para el modelo de big bang.

Las noticias periodísticas o biografías como las que siguen pueden servir de introducción o base a ambos temas:



JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON • *El País*, 9 de enero de 2005 (extracto de una entrevista)

“Hace alrededor de 13.500 millones de años se produjo una gran explosión que denominamos Big Bang, el Gran Estallido. La física no es capaz de explicar el porqué de esa explosión; y acaso no seamos capaces de explicarlo nunca. Pero no me parece pequeño logro el haber sido capaces de descubrirlo, una historia en la que se distinguió Edwin Hubble, que demostró en 1930 que el universo está en expansión.

Inmediatamente después de aquella gran explosión se formaron las partículas elementales y luego los elementos químicos más

ligeros, hidrógeno y helio principalmente, que a su vez dieron lugar a nubes estelares y galaxias y a objetos como las estrellas de primera generación. Cuando la vida de estas estrellas se acabó, algunas explotaron, como supernovas, lanzando al espacio esos elementos más pesados.

Los humanos somos en buena medida, en torno al 70% u 80%, agua, esto es, hidrógeno y oxígeno. Pero también estamos constituidos por elementos pesados como el carbono, el hierro o el sodio. Dicho de otra manera: **todos hemos estado en el interior de alguna estrella.**”



MÓNICA G. SALOMONE • *El País*. Astronomía, Madrid, 20 de junio de 2007

“Explosiones estelares en el universo primitivo”. Una hipótesis sobre las primeras novas explica un misterio de los meteoritos

Para los astrónomos la frase “somos polvo de estrellas” tiene un sentido tan literal que se preguntan ¿de qué estrellas exactamente? Casi todos los elementos químicos en el universo —excepto unos pocos originados en el Big Bang y poco después— han sido fabricados por las estrellas y reinyectados al espacio interestelar de forma suave o mediante explosiones termonucleares. Cuanto más energética es la explosión, más variada es la paleta química que se genera.

Se conocen diversos tipos de explosiones termonucleares estelares, como las supernovas o las novas clásicas. Un grupo español propone ahora un nuevo tipo de explosión a medio camino entre novas y supernovas: las novas primordiales. Serían las novas de la primera generación de estrellas formadas tras el Big Bang. Con esta propuesta cambia el tipo de elementos químicos cuyo origen se atribuye a las novas. El trabajo, que se publica ahora en *The Astrophysical Journal*

sigue>

>continúa

Letters, “es el primero sobre las primeras explosiones de novas en el universo primitivo”, explica el primer autor, Jordi José, de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).

Las novas son explosiones modestas en sistemas compuestos por una enana blanca y una estrella compañera. La enana blanca va absorbiendo materia de su compañera hasta que se produce la explosión. Hasta ahora, en los modelos de nova siempre se había supuesto que tanto la enana blanca como la compañera eran de una generación similar a la del Sol, y por tanto de composición parecida. La composición química de una estrella varía según cuándo se ha formado ésta; poco después del Big Bang, el material disponible para hacer estrellas era fundamentalmente hidrógeno y helio, pero con el tiempo las propias estrellas produjeron otros elementos y el gas interestelar —materia prima para hacer más estrellas— se enriqueció: la química de las estrellas formadas más tarde es mucho más variada. José y sus colegas Enrique García-Berro (UPC), Margarita Hernanz (CSIC) y Pilar Gil (UPC) se preguntaron cómo serían las novas en las primeras estrellas formadas en el universo, unos 200 millones de años después del Big Bang. Tras elaborar varios modelos concluyeron que las novas primordiales deben ser al menos 10 veces más energéticas

que las clásicas. La razón es que, por la distinta composición química de la estrella, en una enana blanca primitiva debe acumularse mucho más material para que se produzca la explosión. Y más material implica una explosión más energética.

Del calcio al titanio

Como la energía es mayor, también los elementos químicos que se generan en las novas primordiales son distintos. En una nova normal se sintetizan elementos hasta el calcio; en una primordial se llega más allá en la tabla periódica, hasta el cinc. Para los autores, las novas primordiales permitirían explicar el origen de cierto tipo de granos microscópicos presentes en meteoritos. Se trata de granos con abundancias muy parecidas a las predichas en modelos de novas y, por tanto, probablemente formados en estas explosiones, pero contienen además titanio, cuya síntesis requiere de una explosión más energética que una nova convencional. Además, el pasado mayo se anunció en *Nature* la detección de una explosión de energía justamente a medio camino entre novas y supernovas. José, cuya propuesta es anterior a esta detección, cree que podría ser un ejemplo de nova primordial.



EDWIN HUBBLE • Biografía

Edwin Hubble (20 de noviembre de 1889-28 de septiembre de 1953) fue uno de los más importantes astrónomos estadounidenses del siglo XX, famoso principalmente por haber demostrado la expansión del universo midiendo el desplazamiento al rojo de galaxias distantes. Hubble es considerado el padre de la cosmología observacional aunque su influencia en astronomía y astrofísica toca muchos otros campos.

Era un hijo de un abogado y él mismo estaba destinado a ejercer la carrera legal. Estudió Derecho, pero se interesó por la astronomía y cursó estudios en la Universidad de Chicago, centrándose en matemáticas y astronomía, licenciándose en 1910.

Al volver de su servicio en la Primera Guerra Mundial, en 1919, le fue ofrecido un puesto en el nuevo observatorio del monte Wilson, donde tenía acceso a una telescopio de 254 centímetros, por ese entonces, el más potente del mundo. Con él llevó a cabo su trabajo y realizó todas sus observaciones.

Desde el inicio del siglo XX la astronomía estaba en revolución, pero el 30 de diciembre de 1924 Edwin Hubble amplió las fronteras del universo conocido de un modo como quizá antes no se había

hecho. Hasta el momento, no se conocía nada “más allá” de la Vía Láctea. Sin embargo, y tras cinco años de trabajo en el observatorio astronómico del Monte Wilson (California), Hubble comunicó uno de los descubrimientos más asombrosos de la historia de la humanidad: la existencia de más galaxias aparte de la nuestra.

El sistema solar al que pertenecía la Tierra no sólo era uno más en medio de un grupo de miles de millones de estrellas, sino que dicho grupo (la Vía Láctea) era también uno entre bastantes similares. No era la primera vez que el hombre era consciente de su pequeñez. Desde la aceptación del heliocentrismo (que dejaba a la Tierra en un segundo plano frente al Sol), al descubrimiento de otros (y más grandes) planetas, pasando porque nuestro sistema solar sea tan sólo uno más en la inmensidad del cosmos. Y ahora esto: *nuestra galaxia no era la única*.

Tras otros cinco años de trabajo, en 1929 Hubble propuso su ley (llamada “Ley de Hubble” en su honor) en la que expone que el “desplazamiento al rojo” de la luz proveniente de las galaxias es proporcional a su distancia, lo que implicaba algo asombroso: el universo no es un conjunto de estrellas y galaxias quieto y estático sino que se expande.



A.8. En la película se cita en un momento dado el agujero negro de M81. Busca información sobre qué puede ser ese M81 y relaciónalo con los conceptos conocidos de “ascensión recta” y “declinación”. Elabora un breve informe sobre los “catálogos de estrellas”.



STEPHEN HAWKING • *Agujeros negros y pequeños universos* (extracto)

Aunque el concepto de lo que ahora denominamos agujero negro fue introducido hace más de doscientos años, el nombrado data sólo de 1967 y su autor fue el físico norteamericano John Wheeler. Constituyó un golpe de genio; aquel nombre garantizó la entrada de los agujeros negros en la mitología de la ciencia-ficción. Estimuló además la investigación científica al proporcionar un término definido a algo que antes carecía de un título satisfactorio (...) Por lo que conozco, el primero en referirse a los agujeros negros fue alguien de Cambridge llamado John Michell, que redactó un trabajo sobre este asunto en 1783. Su idea era ésta: supongamos que disparamos verticalmente una granada de cañón desde la superficie terrestre. A medida que se remonte, disminuirá su velocidad por efecto de la gravedad. Acabará por interrumpir su ascensión y retornará a la superficie. Pero si supera una cierta velocidad crítica, jamás dejará de ascender para caer, sino que continuará alejándose. Esta velocidad crítica recibe el nombre de velocidad de escape. Es de unos 11,2 kilómetros por segundo en la Tierra y de unos 160 kilómetros por segundo en el Sol. Ambas velocidades son superiores a la velocidad de una auténtica granada de cañón, pero muy inferiores a la velocidad de la luz, 300.000 kilómetros por segundo. Eso significa que la gravedad no ejerce gran efecto sobre la luz; ésta puede escapar sin dificultad de la Tierra o del Sol. Pero Michell razonó que sería posible la existencia de una estrella con masa suficientemente grande y tamaño suficientemente pequeño para que su velocidad de escape fuera superior a la de la luz. No conseguiríamos ver semejante estrella porque no nos llegaría la luz de su superficie; quedaría retenida por el campo gravitatorio del astro. Sin embargo, podremos detectar la presencia de la estrella por el efecto que su campo gravitatorio ejerza en la materia próxima.

No es realmente consecuente tratar a la luz como granadas de cañón. Según un experimento llevado a cabo en 1897, la luz viaja siempre a velocidad constante. ¿Cómo entonces puede reducirla la gravedad? Hasta 1915, cuando Einstein formuló la teoría general de la relatividad, no se dispuso de una explicación consistente del

modo en que la gravedad afecta a la luz. Aun así, hasta la década de los sesenta no se entendieron generalmente las inferencias de esta teoría para estrellas viejas y otros astros enormes.

Según la relatividad general, cabe considerar el espacio y el tiempo juntos como integrantes de un espacio cuatridimensional denominado espacio-tiempo. Este espacio no es plano; se halla distorsionado o curvado por la materia y la energía que contiene (...) En el caso de la luz que pasa próxima al Sol, la curvatura es muy pequeña. Pero si éste se contrajera hasta tener sólo un diámetro de unos pocos kilómetros, la curvatura sería tan grande que la luz no podría escapar y se quedaría retenida por el campo gravitatorio del Sol. Según la teoría de la relatividad, nada puede desplazarse a velocidad superior a la de la luz, así que existiría allí una región de la que nada puede escapar. Esta región recibe el nombre de agujero negro (...)

Puede que parezca ridículo enunciar la posibilidad de que el Sol se contraiga hasta tener sólo un diámetro de unos cuantos kilómetros. Cabría pensar que no es posible una contracción tal de la materia. Pero resulta que sí puede serlo.

El Sol posee su tamaño actual porque está muy caliente. Consume hidrógeno para transformarlo en helio, como una bomba H bajo control. El calor liberado en este proceso genera una presión que permite al Sol resistir la atracción de su propia gravedad, que trata de empujarlo.

Con el tiempo, sin embargo, el Sol agotará su combustible nuclear. Esto no sucederá hasta dentro de 5.000 millones de años, así que no es preciso apresurarse a reservar billetes para un vuelo con destino a otra estrella. Pero astros más grandes que el Sol quemarán su combustible con una rapidez mucho mayor. Cuando lo consuman, empezarán a perder calor y a contraerse. Si su tamaño es inferior a dos veces la masa del Sol, acabarán por dejar de contraerse y alcanzarán un estado estable. Uno de tales estados es el llamado de enana blanca. Estas estrellas poseen un radio de unos cuantos miles de kilómetros y una densidad de centenares de toneladas por centímetro cúbico. Otro de tales estados es el de la estrella de neutrones. Estos astros tienen un radio de

sigue>

>continúa

unos 15 kilómetros y una densidad de millones de toneladas por centímetro cúbico.

Conocemos numerosas enanas blancas en nuestro sector de la galaxia. Pero las estrellas de neutrones no fueron observadas hasta 1976, cuando Jocelyn Bell y Antony Hewish, en Cambridge, descubrieron unos objetos denominados pulsares que emitían vibraciones regulares de ondas de radio. Al principio se preguntaron si habrían establecido contacto con una civilización alienígena.

Sin embargo, al final, ellos y todos los demás llegaron a la conclusión menos romántica de que esos objetos eran estrellas de neutrones en rotación, lo cual constituyó una mala noticia para los autores de *westerns* espaciales, pero fue una buena información para los pocos que entonces creíamos en los agujeros negros. Si algunas estrellas podían contraerse hasta tener un diámetro de 20 o 30 kilómetros y convertirse en estrellas de neutrones, cabía esperar que otras se contrajeran aún más para convertirse en agujeros negros.

En este momento se pasa a ver la película. Dado que es larga y su visión llevaría quizá más de dos sesiones lectivas, podría pensarse (depende del número de alumnos) en proponer que sea vista en casa durante un fin de semana. En todos los casos se deberá elaborar un informe.



A.9. Elabora un informe en el que incluyas las nociones o conceptos científicos reconocidos, los aspectos que no has entendido, aquello que más te ha interesado, cosas que le haya sugerido y una valoración global de la misma.



A.10. Puesta en común de los trabajos relativos a la A.9, sistematizando cada una de las categorías propuestas y llegando a conclusiones globales, que deberán escribirse y archivar.



A.11. En la película se habla del Proyecto SETI. Investiga qué es ese proyecto y realiza un informe sobre su origen y fundamentos, así como sus características esenciales y su situación actual.

C.11 También sería conveniente leer el texto “Los dragones del edén” (*Carl Sagan, 1978*) que aparece en la obra de José Manuel Sánchez Ron, *Como al león por sus fauces* (Debate: 314-318).

Habrá que tener en cuenta que el asunto de la vida extraterrestre y los posibles contactos con ella puede originar una derivación en el desarrollo de este tema. Queda a consideración de quien desarrolle el tema el abrir esta nueva vía o convertirla en otro trabajo.

En este tema, el proyecto SETI interesa, en primer lugar, porque aparece en la película unido a los problemas de financiación y porque los mensajes ideados para que una posible civilización receptora los reconozca como mensajes inteligentes, tienen que ver con la universalidad de ciertas cuestiones como la matemática, la música o la racionalidad humana. De ello se trata en las siguientes actividades, que plantean consideraciones metacientíficas.

Aprovechando el punto de suspense que queda en el aire tras sus escenas finales, quizá sea el momento de introducir la **Teoría de la Relatividad** y algunas cuestiones metodológicas que se pueden derivar de su tratamiento. Puede merecer la pena el reto que plantea y será la ocasión de hacer que la Relatividad sea conocida en sus rasgos fundamentales por la toda población estudiantil.

Por otro lado, una teoría que ha generado tantos cambios en la ciencia y ha tenido tantas repercusiones sociales y filosóficas es probable que sea conocida “de oídas”, a través de medios de comunicación, por alguna de sus predicciones o consecuencias más llamativas, con una presentación o conceptualización casi siempre incorrecta, por lo que un acercamiento adecuado parece más que pertinente.

Como dice el historiador G. Holton: “La génesis de la TER comparte numerosos rasgos con la génesis de otras importantes teorías científicas de nuestro tiempo pero, para encontrar otra obra que ilumine tan profundamente la relación entre la física, las matemáticas y la epistemología, o entre el experimento y teoría, o que posea la misma gama de implicaciones científicas, filosóficas o de tipo intelectual en general, sería preciso remontarse a los *Principia* de Newton. Y esto quizá no deba desaprovecharse para afrontar cuestiones divulgativas de relatividad en este nivel educativo.

Las consecuencias o “predicciones” teóricas no fácilmente imaginables o incluso contrarias a la intuición que se derivan de los principios o postulados relativistas permiten mostrar cómo validar principios o teorías a través de la confirmación experimental de sus predicciones. Un somero tratamiento matemático (al modo de ilustración) de la TER es necesario para evitar que sus consecuencias puedan ser entendidas como especulaciones y a la vez para introducir con rigor y ejemplificaciones, cuestiones relativas a la validación, verificación o falsación de las teorías científicas, es decir, la relación entre experimento y teoría, así como la categoría epistemológica de principios y axiomas.

Hay que tener presente que la Teoría Especial de la Relatividad es una teoría no intuitiva y cuyos postulados básicos no se fundamentaron, directa o mecánicamente, en observaciones o hechos experimentales (la relatividad no nació de un análisis de datos o experimentos, sino de teorías y hasta el mismo Einstein pone una especie de “experimento mental” juvenil en su origen). En su génesis se dan motivaciones “extracientíficas” (¿son extracientíficas?) y algunas de sus consecuencias, además, contradicen las nociones más asentadas que se tienen en relación al espacio, el tiempo y la masa.

Es por tanto esencial entender cómo pudo llegar a ser aceptada a pesar de lo que se acaba de decir. La categoría epistemológica de los principios

y la necesidad de la contrastación experimental, junto al significado de las nociones de verificación y falsación, deben ser tratadas.

La noción de paradigma y la diferencia entre la visión acumulativa y la de cambio de paradigma como modos del crecimiento del conocimiento científico, junto a las consecuencias sobre conmensurabilidad e inconmensurabilidad de las teorías científicas, pueden ser introducidos y convertirse en objeto de debate.

Si se opta por tratar la Relatividad, se llevará a cabo la siguiente actividad, que puede, en sus aspectos finales, dar paso al apartado II.



A.12. La protagonista, tal como parece que puede indicar el hecho de que la cámara haya registrado un tiempo de grabación de 18 horas, ha podido estar viajando durante ese tiempo y, sin embargo, todos los presentes han visto que el proceso no ha durado más que la caída de la cápsula. ¿Qué sentido tiene esta especie de dilema que se deja “caer” al final de la película?


C.12 Tras un intercambio de pareceres sobre el asunto (que quizá haga aparecer “conocimientos no instruccionales” sobre la Relatividad) se hará ver que la situación puede ser entendida en cierto modo como posible si hablamos de la Teoría de la Relatividad.

Se explicarán cualitativamente los postulados fundamentales de la T.E.R. y sus consecuencias de la “relatividad del tiempo”, la “dilatación temporal” y la “contracción espacial”. En cuanto a los “agujeros gusano”, se presentarán como una posibilidad deducible de la T.R.G.

En toso caso, habrá de hacerse notar que la “relatividad del tiempo” no significa que pueda darse cualquier orden temporal en los acontecimientos, existiendo fundamentos lógicos que no pueden ser alterados y que la Teoría de la Relatividad efectivamente ratifica: los viajes al pasado son ficciones literarias que nada tienen que ver con la Relatividad Restringida, que es coherente con la imposibilidad de violar el principio de causalidad.

Ello planteará la cuestión de cómo validar una teoría y distinguir entre predicciones contrastables experimentalmente y aquellas que son sólo posibilidades del desarrollo de una teoría pero sin posibilidades técnicas, o incluso intrínsecas, de contrastación (los agujeros gusano).

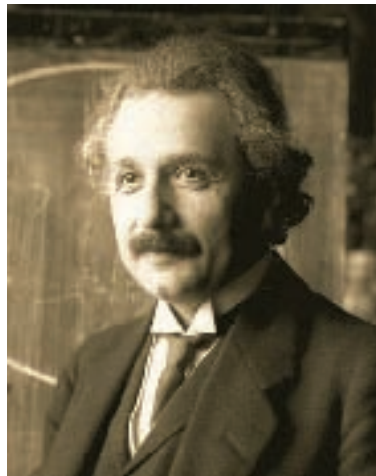
Por otro lado, la relación $E = mc^2$ es uno de los resultados de la Relatividad Restringida que más repercusiones (no previstas inicialmente) ha tenido y que debería pertenecer al acervo cultural de la ciudadanía, constituyendo, además, tanto un modo de poner a prueba la corrección de los principios en que se base la teoría relativista, como la posible introducción a las relaciones CTS y, por ejemplo, la responsabilidad social de los científicos.

Para ello puede utilizarse el siguiente material sobre Einstein que se encuentra en la URL:  <http://www.einstein.unican.es>

1. EINSTEIN Y LA FÓRMULA $E = MC^2$

En el año 1905 Einstein publicó una consecuencia notable de la Teoría Especial de la Relatividad: si un cuerpo emite una cierta cantidad de energía, entonces su masa debe disminuir en una cantidad proporcional. Mientras tanto, escribía a un amigo: “El principio de la Relatividad, en conexión con las ecuaciones de Maxwell, exige que la masa sea una medida directa de la energía contenida en los cuerpos; la luz transfiere masa... Esta idea es divertida y contagiosa pero posiblemente no puedo saber si el buen Dios no se ríe de ella y está tratando de embaucarme”. La relación se expresa como una ecuación: $E = mc^2$.

Los científicos de los años 1930 confirmaron la fórmula de Einstein $E = mc^2$ utilizando máquinas que podían romper los núcleos de los átomos. La energía liberada en una transformación nuclear era tan grande que podía causar un cambio apreciable en la masa del núcleo. Pero el estudio de los núcleos —en aquellos años el área de la física en más rápido desarrollo— tuvo poco efecto sobre Einstein. Los físicos nucleares se agrupaban en equipos cada vez mayores de científicos y técnicos, financiados abundantemente por Gobiernos y fundaciones, ocupados en experimentos que utilizaban grandes aparatos. Tales actividades eran muy diferentes a la usual de Einstein de dedicarse al pensamiento abstracto, trabajando sólo o con ayuda de un matemático. Por otra parte, los físicos experimentales de los años treinta tenían poca necesidad de las teorías de Einstein.



En agosto de 1939 los físicos nucleares fueron a ver a Einstein, no en busca de ayuda científica, sino de ayuda política. Recientemente se había descubierto la fisión del uranio. Un amigo de hacía años, Leo Szilard, y otros científicos se dieron cuenta de que el uranio se podría usar para construir bombas devastadoras. Tenían buenas razones para creer que la Alemania nazi podría construir tales armas. Einstein, como reacción al peligro de agresión por parte de Hitler, ya había abandonado su estricto pacifismo. Ahora firmó una carta dirigida al presidente norteamericano, Franklin D. Roosevelt, aconsejándole entrar en acción. Esta carta, y otra de marzo de 1940 firmada por Einstein y Szilard, se unieron a los esfuerzos de otros científicos para empujar al Gobierno de los Estados Unidos a que se preparase para la guerra nuclear. Einstein no

jugó ningún otro papel en el proyecto de la bomba nuclear. Como alemán que había apoyado causas izquierdistas, no fue autorizado a trabajar en un proyecto tan sensible a temas de seguridad. Pero durante la guerra sí hizo algún trabajo útil como consultor de una oficina de la Armada de Estados Unidos.

Después de que Japón se rindiese tras el bombardeo nuclear, Einstein estuvo muchas veces en el punto de mira del público. En mayo de 1946 se convirtió en el presidente del recientemente formado Comité de Emergencia de los Científicos Atómicos, que unieron sus esfuerzos para impulsar el control internacional y civil de la energía nuclear. Grabó mensajes de radio y escribió un artículo ampliamente leído sobre las actividades del grupo. Los llamamientos de Einstein para el desarme nuclear tuvieron gran influencia tanto en los científicos como en el público en general. Habló también en contra del rearme alemán, defendió a los objetores de conciencia en contra del servicio militar y criticó la política de la guerra fría del Gobierno de Estados Unidos. Fue un firme defensor de las Naciones Unidas y estuvo convencido de que la solución de los conflictos internacionales era la existencia de una ley mundial, un Gobierno mundial y una fuerte policía internacional. “Soy opuesto al uso de la fuerza en cualquier circunstancia, excepto cuando se trate de un enemigo que tenga como finalidad la destrucción de la vida.”

Aunque su actividad fue decreciendo con la edad por su salud precaria, Einstein mantuvo su clara actitud de defensa de las libertades civiles. Atacó los prejuicios raciales y apoyó el movimiento por los derechos civiles de los negros. Hizo un llamamiento al pueblo judío a favor de un territorio para los palestinos, en el que fueran respetados los derechos de los árabes. Al mismo tiempo, apoyó la creación de una universidad judía en los Estados Unidos (la futura Universidad Brandeis). Cuando la Comisión del Congreso para Actividades Antiamericanas difamó a profesores y otros intelectuales, Einstein públicamente aconsejó a las personas atacadas no cooperar, sino seguir el principio de desobediencia civil. Igualmente rehusó ser relacionado con Alemania. Es más, renunció a recibir honores por parte de su tierra natal —nunca pudo olvidar los crímenes de los alemanes contra los judíos—.

En 1952 se ofreció a Einstein el puesto de presidente de Israel, un cargo más bien honorífico. Viejo y enfermo, pero tranquilo en su casa y su despacho en Princeton, rechazó la invitación. Sin embargo, su interés por los asuntos públicos continuó. En 1955 se unió a Bertrand Russell para urgir a los científicos a que mediaran en el conflicto entre el Oeste y el Este y para que se limitara el armamento nuclear. Mientras tanto, estaba escribiendo un discurso para el aniversario de la independencia de Israel. Un borrador incompleto de ese discurso se encontró junto a su cama el día que murió.



ALBERT EINSTEIN

Señor,

Algunos recientes trabajos de E. Fermi y L. Szilard, los cuales me han sido comunicados en manuscritos, me llevan a esperar, que en el futuro inmediato, el elemento uranio puede ser convertido en una nueva e importante fuente de energía. Algunos aspectos de la situación que se han producido parecen requerir mucha atención y, si fuera necesario, inmediata acción de parte de la Administración. Por ello creo que es mi deber llevar a su atención los siguientes hechos y recomendaciones.

En el curso de los últimos cuatro meses se ha hecho probable —a través del trabajo de L. Loiot en Francia, así como también de Fermi y Szilard en Estados Unidos— que podría ser posible el iniciar una reacción nuclear en cadena en una gran masa de uranio, por medio de la cual se generarían enormes cantidades de potencia y grandes cantidades de nuevos elementos parecidos al uranio. Ahora parece casi seguro que esto podría ser logrado en el futuro inmediato.

Este nuevo fenómeno podría ser llevado a la construcción de bombas, y es concebible —pienso que inevitable— que pueden ser construidas bombas de un nuevo tipo extremadamente poderosas. Una sola bomba de ese tipo, llevada por un barco y explotada en un puerto, podría muy bien destruir el puerto por completo, conjuntamente con el territorio que lo rodea. Sin embargo, tales bombas podrían ser demasiado pesadas para ser transportadas por aire.

Los Estados Unidos tienen muy pocas minas con vetas de uranio de poco valor, en cantidades moderadas. Hay muy buenas vetas en Canadá, la ex Checoslovaquia, mientras que la fuente más importante de uranio está en el Congo belga.

En vista de esta situación usted podría considerar que es deseable tener algún tipo de contacto permanente entre la Administración y el grupo de físicos que están trabajando en reacciones en cadena en los Estados Unidos. Una forma posible de lograrlo podría ser comprometer en esta función a una persona de su entera confianza quien podría tal vez servir de manera extraoficial. Sus funciones serían las siguientes:

- a) Estar en contacto con el Departamento de Gobierno, manteniéndolos informados de los próximos desarrollos, y hacer recomendaciones para las acciones de Gobierno, poniendo particular atención en los problemas de asegurar el suministro de mineral de uranio para los Estados Unidos.
- b) Acelerar el trabajo experimental, que en estos momentos se efectúa con los presupuestos limitados de los laboratorios de las universidades, con el suministro de fondos. Si esos fondos fueran necesarios con contactos con personas privadas que estuvieran dispuestas a hacer contribuciones para esta causa, y tal vez obteniendo cooperación de laboratorios industriales que tuvieran el equipo necesario.

Tengo entendido que Alemania actualmente ha detenido la venta de uranio de las minas de Checoslovaquia, las cuales han sido tomadas. Puede pensarse que Alemania ha hecho tan claras acciones, porque el hijo del subsecretario de Estado Alemán, von Weizacker, está asignado al Instituto Kaiser Guillermo de Berlín donde algunos de los trabajos americanos están siendo duplicados.

Su Seguro Servidor, A. Einstein

Como es sabido, el desarrollo de la tecnología nuclear terminó con el lanzamiento de la bomba atómica sobre dos ciudades del Japón. A Einstein el hecho le produjo siempre una profunda impresión que se pone de manifiesto en la siguiente declaración:



ALBERT EINSTEIN

“Debido al riesgo de que Hitler pudiera ser el primero en tener la bomba, firmé una carta dirigida al presidente cuyo borrador había escrito Szilard. De haber sabido que el temor no estaba justificado, no

habría participado en la apertura de esta caja de Pandora, ni tampoco Szilard. Mi desconfianza hacia los Gobiernos no se limitaba al alemán.”

Las siguientes afirmaciones y textos de Einstein permiten profundizar en el tema de las repercusiones sociales del desarrollo tecnológico y la responsabilidad del científico.



ALBERT EINSTEIN

“La preocupación por el hombre debe constituir siempre el objetivo principal de todo esfuerzo tecnológico. Preocupación por los grandes problemas no resueltos de cómo organizar el trabajo humano y la distribución de la riqueza de manera que se asegure que los resultados de nuestro esfuerzo científico sean una bendición para los seres humanos, y no una maldición.”

“El sentimiento de lo que debe ser o lo que no debe ser crece y muere como un árbol, y no hay fertilizante que pueda ayudar mucho. Lo que el individuo debe hacer es dar buen ejemplo, y tener el valor de mantener las convicciones éticas en una sociedad de cínicos. Yo he tratado durante mucho tiempo de comportarme de ese modo, con éxito variable.”

“Éste es el problema que presento ante ustedes, duro, terrible e inevitable: ¿debemos poner fin a la vida humana sobre la Tierra o renunciar a la guerra? La gente no se plantea esta alternativa porque es muy difícil abolir la guerra.”

“La abolición de la guerra requerirá desagradables limitaciones a la soberanía nacional. Pero quizá lo que más estorba para entender la situación es que la frase ‘seres humanos’ es vaga y abstracta. La gente... difícilmente puede captar que cada uno individualmente y todas las personas a las que ama están en peligro inminente de perecer. Y por eso mantienen la esperanza de que quizá puede permitirse que continúen las guerras... esta esperanza es ilusoria.”

| La ciencia, los científicos y sus métodos

Hay que tener en cuenta que este bloque ha podido ser ya iniciado con el tratamiento de la Relatividad, con lo que puede que no exista la discontinuidad formal que aquí aparece.



A.13. En un momento de la película, la protagonista dice: “las matemáticas son el único lenguaje universal”. ¿Qué puede significar esto? Haced propuestas.

C.13 La discusión sobre este aspecto debe focalizarse en las dos afirmaciones contenidas en la frase citada: “lenguaje universal” y “único”.

Cuestiones como “¿las matemáticas, ¿se inventan o se descubren?” o “¿cualquier civilización que haya podido desarrollarse habrá inventado y desarrollado unas matemáticas?” deberán aparecer o provocar su aparición, pues ello dirigiría la discusión al establecimiento de: a) la existencia de cuestiones sobre las que ni existe consenso ni se van a poder resolver de modo definitivo, y b) existen comportamientos o presuposiciones indemostrables que sirven como criterio, influyen en el método e incluso informan proyectos y decisiones científicas.



A.14. Lee y analiza, a la luz de la actividad anterior, las imágenes y textos siguientes, extrayendo conclusiones:

C.14 1. Las dos imágenes siguientes corresponden a un fragmento del retablo de la Colegiata Basílica de Santa María, de Manresa, y a una obra, de alrededor a 1825, del pintor, poeta, visionario y místico William Blake; en ambas se representa a Dios.



*Dios Geometra
románico*

Dios arquitecto



2. “La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que continuamente tenemos abierto ante los ojos (quiero decir el universo), pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua en que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender ni una palabra; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto” (Galileo Galilei (1623): // *Saggiatore [El ensayador]*).
3. “Es mi intención, lector, demostrar en este pequeño libro que el Creador Óptimo Máximo, al crear este mundo móvil y en la disposición de los cielos se atuvo a los cinco cuerpos regulares que han sido tan famosos desde los días de Pitágoras y Platón hasta los nuestros y también que en función de su naturaleza ajustó su número, sus proporciones y la razón de sus movimientos” (Johannes Kepler (1596): *El secreto del universo*).
4. “Puede existir, al estilo del contrapunto comúnmente usado, una consonancia musical entre los seis planetas. Según esto, los movimientos de los cielos no son sino cierta polifonía semipiterna (inteligible, no audible)...” (Johannes Kepler (1619): *La armonía del mundo*).
5. “Estoy convencido de que podemos descubrir por medio de construcciones puramente matemáticas los conceptos que proporcionan la llave para la comprensión de los fenómenos naturales, y las leyes que los relacionan. El principio creador reside en las matemáticas” (Albert Einstein (1933): Conferencia en Oxford).



GALILEO GALILEI • Biografía

Galileo Galilei nació en Pisa el 15 de febrero de 1564. Su padre fue Vincenzo Galilei, compositor y teórico de la música.

En 1581 Galileo ingresó en la Universidad de Pisa, adonde su familia se trasladó proveniente de Florencia, matriculándose como estudiante de Medicina por voluntad de su padre. Cuatro años más tarde, sin embargo, abandonó la universidad sin haber obtenido ningún título, aunque con un buen conocimiento de Aristóteles y, sobre todo, con la decisión de dedicarse al estudio de las matemáticas, aunque interesado también por la filosofía y la literatura.

En 1589 consiguió una plaza en el Estudio de Pisa, donde compuso un texto sobre el movimiento en el que criticaba las explicaciones aristotélicas de la caída de los cuerpos y del movimiento de los proyectiles; en continuidad con esa crítica, la tradición ha forjado la anécdota (hoy generalmente considerada como inverosímil) de Galileo refutando materialmente a Aristóteles mediante el procedimiento de dejar caer distintos pesos desde lo alto de la famosa torre inclinada de Pisa, ante las miradas contrariadas de los peripatéticos...

En 1592 fue elegido para la cátedra de Matemáticas de la Universidad de Padua, en la rica y libre república de Venecia, pero la reciente muerte de su padre, que significó para Galileo la obligación de responsabilizarse de su familia y atender a las dotes de sus hermanas Virginia y Livia y el nacimiento de sus tres hijos, Virginia (1600), Livia (1601) y Vincenzo (1606), habidos de su unión con Marina Gamba, que duró de 1599 a 1610 y con quien no llegó a casarse, aumentaron la necesidad de dinero por lo que debió dar clases particulares y diseñar instrumentos técnicos que vendía.

En julio de 1609, de visita en Venecia (para solicitar un aumento de sueldo), Galileo tuvo noticia de un nuevo instrumento óptico que un holandés había presentado al príncipe Mauricio de Nassau; se trataba del antejo, cuya importancia práctica captó Galileo inmediatamente, dedicando sus esfuerzos a mejorarlo hasta hacer de él un verdadero telescopio. Aunque declaró haber conseguido perfeccionar el aparato merced a consideraciones teóricas sobre los principios ópticos que eran su fundamento, lo

sigue>

>continúa

más probable es que lo hiciera mediante sucesivas tentativas prácticas que, a lo sumo, se apoyaron en algunos razonamientos muy sumarios.

Galileo fue el primero que convirtió el aparato (que no era más que un juguete o curiosidad para los nobles) en un provecho científico decisivo. En efecto, entre diciembre de 1609 y enero de 1610, Galileo realizó con su telescopio las primeras observaciones de la Luna, interpretando lo que veía como prueba de la existencia en nuestro satélite de montañas y cráteres que demostraban su comunidad de naturaleza con la Tierra; las tesis aristotélicas tradicionales acerca de la perfección del mundo celeste, que exigían la completa esfericidad de los astros, quedaban puestas en entredicho. El descubrimiento de cuatro satélites de Júpiter contradecía, por su parte, el principio de que la Tierra tuviera que ser el centro de todos los movimientos que se produjeran en el cielo. En cuanto al hecho de que Venus presentara fases semejantes a las lunares, que Galileo observó a finales de 1610, le pareció que aportaba una confirmación empírica al sistema heliocéntrico de Copérnico, ya que éste, y no el de Tolomeo, estaba en condiciones de proporcionar una explicación para el fenómeno.

Ansioso por dar a conocer sus descubrimientos, Galileo redactó a toda prisa un breve texto que se publicó en marzo de 1610 y que no tardó en hacerle famoso en toda Europa: el *Sidereus Nuncius*, el “mensajero sideral” o “mensajero de los astros”.

El libro estaba dedicado al gran duque de Toscana Cósimo II de Médicis, y en su honor los satélites de Júpiter recibían allí el nombre de “Planetas Médiceos”. Con ello se aseguró Galileo su nombramiento como matemático y filósofo de la corte toscana y la posibilidad de regresar a Florencia, por la que venía luchando desde hacía ya varios años. El empleo incluía una cátedra honoraria en Pisa, sin obligaciones docentes, con lo que se cumplía una esperanza largamente abrigada y que le hizo preferir un monarca absoluto a una república como la veneciana.



Pronto surgieron ataques de sus adversarios académicos y las primeras muestras de que sus opiniones podían tener consecuencias conflictivas con la autoridad eclesiástica. Ante ello la postura adoptada por Galileo fue la de defender (en una carta dirigida a mediados de 1615 a la gran duquesa Cristina de Lorena) que, aun admitiendo que no podía existir contradicción ninguna entre las Sagradas Escrituras y la ciencia, era preciso establecer la absoluta independencia entre la fe católica y los hechos científicos. Ahora bien, como hizo notar el cardenal Bellarmino, no podía decirse que se dispusiera de una prueba científica concluyente en favor del movimiento de la Tierra, el cual, por otra parte, estaba en contradicción con las enseñanzas bíblicas; en consecuencia, no cabía si-

no entender el sistema copernicano como hipotético. En este sentido, el Santo Oficio condenó el 23 de febrero de 1616 al sistema copernicano como “falso y opuesto a las Sagradas Escrituras”, y Galileo recibió la admonición de no enseñar públicamente las teorías de Copérnico.

En 1618 se vio envuelto en una nueva polémica con otro jesuita, Orazio Grassi, a propósito de la naturaleza de los cometas, que dio como resultado un texto *Il Saggiatore* (1623), rico en reflexiones acerca de la naturaleza de la ciencia y el método científico, que contiene su famosa idea de que “el *Libro de la Naturaleza* está escrito en lenguaje matemático”. La obra, editada por la Accademia dei

Lincei, venía dedicada por ésta al nuevo papa Urbano VIII, es decir, el cardenal Maffeo Barberini, cuya elección como pontífice llenó de júbilo al mundo culto en general y, en particular, a Galileo, a quien el cardenal había ya mostrado su afecto. Este nombramiento pareció a Galileo índice de una apertura en la Iglesia católica y entonces redactó la gran obra de exposición de la cosmología copernicana que ya había anunciado en 1610: *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano* (*Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo, tolemaico y copernicano*); en ella, los puntos de vista aristotélicos defendidos

sigue>

>continúa

por Simplicio se confrontaban con los de la nueva astronomía abogados por Salviati, en forma de diálogo moderado por Sagrado, personaje que representaría al hombre libre de prejuicios previos. En esta obra, la inferioridad de Simplicio ante Salviati era tan manifiesta que el Santo Oficio no dudó en abrirle un proceso a Galileo, pese a que éste había conseguido un imprimátur para publicar el libro en 1632. Iniciado el 12 de abril de 1633, el proceso terminó con la condena a prisión perpetua, pese a la renuncia de Galileo a defenderse y a su retractación formal. La pena fue suavizada al permitirle que la cumpliera en Arcetri, cercano al convento donde en 1616, y con el nombre de sor María Celeste, había ingresado su hija más querida, Virginia, que falleció en 1634.

En su retiro, donde a la aflicción moral se sumaron las del artrismo y la ceguera, Galileo consiguió completar la última y más importante de sus obras: *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze*, publicado en Leiden por Luis Elzevir en 1638. En ella, partiendo de la discusión sobre la estructura y la resistencia de los materiales, Galileo sentó las bases físicas y matemáticas para un análisis del movimiento, que le permitió demostrar las leyes de caída de los graves en el vacío y elaborar una teoría completa del disparo de proyectiles. La obra estaba destinada a convertirse en la piedra angular de la ciencia de la mecánica construida por los científicos de la siguiente generación, con Newton a la cabeza.

En la madrugada del 8 al 9 de enero de 1642, Galileo falleció en Arcetri confortado por dos de sus discípulos, Vincenzo Viviani y Evangelista Torricelli, a los cuales se les había permitido convivir con él los últimos años.

“Yo, Galileo, hijo del difunto Vincenzo Galilei, florentino, con setenta años de edad, acusado ante este tribunal y arrodillado ante ustedes, Eminentísimos y Reverendísimos Señores Cardenales Inquisidores Generales, contra la herética depravación de toda la comunidad cristiana, teniendo ante mis ojos y tocando con mis

manos los Sagrados Evangelios, juro que siempre he creído, creo y, con la ayuda de Dios, creeré en el futuro, en todo lo que sostiene, predica y enseña la Santa Iglesia Católica y Apostólica, pero después de haberseme ordenado por este Santo Oficio que abandone por completo la falsa noción de que el Sol es el centro del mundo, así como que no debo sostener, defender ni enseñar en modo alguno, oralmente ni por escrito, dicha falsa doctrina y después de haberseme notificado que dicha doctrina era contraria a las Sagradas Escrituras, escribí e imprimí un libro en que expuse esta nueva doctrina ya condenada y aduje argumentos de gran fuerza a su favor sin presentar solución alguna para ellos, por lo que el Santo Oficio ha declarado que hay contra mí la vehemente sospecha de herejía, es decir, de que he sostenido y creído que el Sol es el centro del mundo e inmóvil mientras que la Tierra no es el centro y se mueve.

Por tanto, deseando borrar de las mentes de sus Eminencias y de todos los fieles cristianos esta vehemente sospecha justamente concebida contra mí, de corazón sincero y una fe que no finjo, abjuro, maldigo y detesto los antedichos errores y herejías y, en general, cualquier otro error, herejía o secta contraria a la Santa Iglesia y juro que en lo futuro nunca volveré a decir y afirmar, de palabra ni por escrito, nada que pudiera dar ocasión a semejante sospecha respecto a mí. Es más, si conozco a algún hereje o persona sospechosa de herejía lo denunciaré a este Santo Oficio o al Inquisidor u Ordinario del lugar donde yo me encuentre. Además, juro y prometo cumplir y observar en su integridad todas las penitencias que me han sido impuestas —o puedan serlo más adelante— por este Santo Oficio. Y, en caso de que infrinja (¡lo que Dios no permita!) cualesquiera de estos juramentos y promesas, me someto a todos los castigos y penas impuestos y promulgados en los sagrados cánones y en otras constituciones, generales y particulares, contra tales delincuentes. Así, que me ayuden Dios y estos sus Evangelios que toco con mis manos.”



A.15. En dos momentos del filme se cita un “mecanismo” típico del modo de trabajar científico que denomina “la navaja de Ockam”.

Investiga en qué consiste y realiza un breve informe en el que se exprese también vuestra opinión de ese “mecanismo” y su científicidad.



A.16. Las siguientes son citas de científicos reconocidos. ¿Reconoces en ellas “mecanismos científicos” del estilo del de “la navaja de Ockam”? Coméntalas y presenta un breve informe.

C.16

- “Los puntos de vista desde los cuales cabe criticar las teorías científicas son dos: la teoría no puede contradecir hechos de experiencia y la **‘naturalidad’** o **‘simplicidad lógica’** de las premisas. El segundo punto de vista cabe caracterizarlo concisamente como aquel que concierne a la **‘perfección interna’** de la teoría” (Albert Einstein: notas autobiográficas).
- “El hecho de que la propuesta de cuantificación de Planck, fundamento inseguro y plagado de contradicciones, bastara para que un hombre con el singular instinto y sensibilidad de Bohr descubriera las principales leyes de las rayas espectrales y de las envolturas electrónicas de los átomos me pareció un milagro y sigue pareciéndome hoy. **Es musicalidad suprema en el terreno del pensamiento**” (Albert Einstein: notas autobiográficas).
- “Una teoría es tanto más impresionante cuanto mayor es la simplicidad de sus premisas, cuanto más diversas sean las cosas que conecta entre sí y cuanto más amplio sea su ámbito de actuación” (Albert Einstein: notas autobiográficas).
- “En su estudio de los fenómenos naturales, el físico tiene dos métodos para progresar: (1) mediante el experimento y la observación, y (2) mediante el razonamiento matemático. El primero es simplemente la reunión de datos selectos; el segundo nos permite inferir resultados de experimentos que no se han realizado. **No existe razón lógica por la que el segundo método tenga que ser posible**, pero se ha demostrado en la práctica que funciona con notable éxito. Esto debe adscribirse a alguna cualidad matemática de la naturaleza, una cualidad que el observador ocasional de la naturaleza no sospecharía, pero que sin embargo desempeña un papel fundamental en el esquema de la misma. Se puede describir la cualidad matemática en la Naturaleza diciendo que el Universo está constituido de tal manera que la matemática es un instrumento útil para describirlo (...) La idea dominante en esta aplicación de la matemática a la física es que las ecuaciones que representan las leyes del movimiento deberían tener una forma sencilla. Todo el éxito del esquema se debe al hecho de que las ecuaciones de forma sencilla parecen funcionar. El físico se ha reprovisto de esta manera de un **principio de simplicidad, que puede utilizar como instrumento de investigación (...)** La Teoría de la Relatividad hizo necesario modificar el principio de simplicidad (...) Lo que hace que la teoría de la relatividad sea aceptable para los físicos a pasar de que vaya en contra del principio de simplicidad es su gran belleza matemática. Es ésta una cualidad que no se puede definir, pero que las personas que estudian matemáticas no tienen ninguna dificultad en identificar (...) Vemos así que hemos cambiado el principio de simplicidad por **el principio de belleza matemática**. El investigador, en sus esfuerzos por expresar las leyes fundamentales de la Naturaleza de forma matemática, debería siempre buscar la belleza matemática” (P.A.M. Dirac: La relación entre las matemáticas y la física).



A.17. ¿Están autorizados los científicos a utilizar este tipo de conceptos a priori? ¿Qué diferencias se pueden señalar entre el uso de estas nociones “orientadoras” en ciencia y hacerlo en otras actividades?

- C.17** Estas “preconcepciones” o “prejuicios” de los científicos sobre simplicidad, belleza o armonía son, evidentemente, no científicos y sólo nos hablan de la imposibilidad de prescindir de la personalidad, la educación o el momento histórico a la hora de enfrentarse a la solución de problemas o la elaboración de teorías científicas. Ello reafirma el carácter creativo, cultural e histórico de la empresa científica. Pero las propuestas de carácter científico requieren una contrastación y será en ese proceso experimental cuando las creencias o preferencias estéticas se enfrenten, de modo indirecto, a un juez exterior, cosa que no se daría en el caso de no existir esta obligación experimental.



A.18. Señala algunas características del trabajo científico que se pongan de manifiesto a lo largo de la película.

- C.18** Deberán tratarse de manera necesaria (sean propuestos por los alumnos o no): a) la existencia de un proyecto, que debe estar basado en presupuestos de racionalidad, aunque no necesariamente en evidencias, b) la recolección de datos, que puede ser una operación mecánica y tediosa y que podrá requerir un “interfaz” que en ocasiones será necesario diseñar, c) la interpretación de los mismos a luz de las hipótesis o de patrones de racionalidad (recordar las escenas en que se habla de búsqueda de “perfiles de regularidad” o la aparición de la secuencia de números primos en el mensaje como prueba irrefutable de una imposible aleatoriedad ciega y, por tanto, de racionalidad), y d) la búsqueda de financiación.



A.19. Lee los siguientes textos de Albert Einstein y analízalos a la luz de las consideraciones que se han venido haciendo en las actividades anteriores.

- C.19**
- “No hay un camino lógico para el descubrimiento de las leyes de la física. Solamente existe el camino de la intuición.”
 - “Una teoría puede ser contrastada con la experiencia, pero no hay camino que lleve de la experiencia al establecimiento de una teoría.”
 - “... de joven también me impresionó mucho su postura (de Mach) epistemológica, que hoy me parece insostenible. Pues Mach no colocó en su justa perspectiva la naturaleza esencialmente constructiva y especulativa de todo pensamiento y, en especial, del pensamiento científico...”
 - “Mach intentó demostrar, sobre todo en la mecánica y en la teoría del calor, cómo los conceptos surgen de la experiencia (...) Yo veo su debilidad en el hecho de que él creía poco o mucho en que la ciencia consistía únicamente en poner en orden el material experimental,

es decir, que subvaloró el elemento constructivo libre en la elaboración de un concepto. De alguna manera pensaba que las teorías son el resultado de un **descubrimiento** y no de una **invención.**”

- “Los filósofos naturales de aquellos días (siglo XIX) estaban poseídos por la idea de que los conceptos fundamentales y los postulados de la física no eran, en sentido lógico, libres invenciones de la mente humana y que eran deducibles a partir de la experiencia por ‘abstracción’, es decir, promedios lógicos. Un completo reconocimiento del carácter erróneo de esta noción aparecería sólo con la Teoría de la Relatividad General.”
- “No existe, desde luego, ningún camino lógico que lleve al establecimiento de una teoría, sino solamente intentonas de construcción que se llevan a cabo a tientas, controladas por una consideración cuidadosa del conocimiento factual.”
- “(El científico) debe parecer un oportunista sin escrúpulos a los ojos del epistemólogo sistemático: se muestra como realista en cuanto intenta describir un mundo independiente del acto de percibir; como idealista, en cuanto considera los conceptos y teorías como invenciones libres del espíritu humano (que no son derivables lógicamente de los datos empíricos); como positivista, en cuanto considera justificados sus conceptos y teorías solamente en la medida en que proporcionen una representación lógica de las relaciones entre las experiencias sensoriales. Puede incluso parecer platónico o pitagórico en cuanto considera la simplicidad lógica como un enfoque que sirve como herramienta indispensable y efectiva en su investigación.”
- “Basta ya. Newton, perdóname. Los conceptos que tú creaste siguen rigiendo nuestro pensamiento físico, aunque ahora sabemos que hay que sustituirlos por otros más alejados de la esfera de la experiencia inmediata si aspiramos a una comprensión más profunda de la situación.”

Los textos anteriores pueden ser repartidos entre los grupos (uno o dos por grupo) para preparar un debate con conclusiones finales sobre la relación entre el experimento y la teoría, el papel de la creatividad en ciencia y el método científico.



A.20. Discutir y establecer un esquema de lo que pudiera ser considerado como “método científico”.

C.20

Se deberá concluir en un esquema, haciendo especial hincapié en que el “método científico” no se inicia con la observación (como sigue leyéndose frecuentemente). También se hace necesario debatir sobre si el método científico es un “mecanismo” que asegura el éxito. Muy importante resaltar que, dado que el proceso comienza con un problema, la elaboración del proyecto de investigación y solución del mismo es algo que no tienen normas, no hay reglas o método fijo para llevarlo a cabo, y constituye el momento, junto a la interpretación de los resultados, en que el científico debe poner en juego mecanismos creativos y de imaginación.



JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON • *El País*. Suplemento *Babelia*, 21 de enero de 2006

Entre la ciencia y la ideología

Pocas historias científicas poseen mayor atractivo que la de la ciencia bajo el nazismo. Las razones de semejante interés son muy diversas. En primer lugar, tenemos que se trata de una nación, Alemania, que figura por derecho propio entre las grandes de la historia de la ciencia de todos los tiempos. Sucede, además, que esa grandeza alcanzó cotas particularmente elevadas en el aproximadamente siglo anterior a la era nazi, en el que trabajaron luminarias como Liebig, Helmholtz, Riemann, Clausius, Kirchhoff, Röntgen, Ehrlich, Hilbert, Planck, Haber o Einstein. Cuando Hitler llegó al poder, en enero de 1933, la ciencia germana brillaba por encima de cualquier otra en el mundo, de manera que es natural preguntarse cómo afectó el régimen que dirigió a esa ciencia.

¿Es cierto lo que, a propósito de la ciencia bajo Hitler, sostuvo el físico Samuel Goudsmit en un libro titulado *Alsos?* “Estoy interesado”, escribió allí el codescubridor del espín, “en por qué la ciencia alemana fracasó allí donde los americanos y británicos triunfaron, y creo que los hechos demuestran de manera concluyente que la ciencia bajo el fascismo no fue, y con toda probabilidad nunca será, igual a la ciencia en una democracia”.

Desgraciadamente, no está tan claro que tal tesis —que Goudsmit sostuvo pensando en el proyecto Manhattan y en que los alemanes no llegaron a fabricar bombas atómicas— sea completamente cierta. No hay duda de que la ciencia germana sufrió, y mucho, debido al obligado exilio de científicos de origen judío, pero descontando (que no olvidando) este hecho, ¿qué se puede decir de la investigación científica que se realizó en Alemania entre 1933 y 1945? De la investigación científica y de los desarrollos tecnológicos, que éstos no son sólo consecuencia de la “ciencia pura”, sino también fuente de ella. Pues bien, se pueden decir muchas y muy interesantes cosas, como muestra este libro de John Cornwell.

La historia de la ciencia y de la tecnología en el periodo hitleriano incluye todo tipo de personajes, disciplinas, situaciones y consideraciones. Personajes del tipo del eminente químico Fritz Haber,

que se distinguió —triste distinción— en la introducción de la guerra química durante la Primera Guerra Mundial, y al que, debido a su origen judío, le afectaron las leyes raciales implantadas por Hitler en 1933. Naturalmente, también está el caso de Einstein, y de otros, esta vez, arios, como Planck, que se entrevistó con Hitler para intentar detener la sangría de científicos de origen judío; Heisenberg, cuyas ideas y actuaciones durante la era nazi han ocupado miles de páginas; o los también físicos y premios Nobel Philipp Lenard y Johannes Stark, líderes del movimiento denominado “*Deutsche Physik*” (“física alemana”), cuyos defensores, que repudiaban las teorías del judío Einstein, defendían una supuesta física aria.

No todo es, naturalmente, física o química, también están otras disciplinas, como la matemática o la biología. En relación a esta última es preciso recordar, por ejemplo, que no sufrió demasiado bajo Hitler, entre otros motivos porque no faltaron investigadores (como el notable genético Nikolai Timoféeff-Ressovsky) que, con el propósito de mejorar sus posibilidades de recibir financiación, resaltaron las implicaciones que sus trabajos podían tener para la tan querida por los nazis “higiene racial”. Querida por los nazis y, hay que apresurarse a añadir, por otras naciones también: la eugenesia floreció en países tan diferentes como los nórdicos o Estados Unidos desde el último tercio del XIX hasta, al menos, las primeras décadas del XX. La consecuencia es clara: los Estados totalitarios pueden favorecer, por razones ideológicas, tanto “mala” ciencia (el caso de Lisenko en la Unión Soviética de Stalin) como “buena” (la genética en tiempos de Hitler), esto es, ciencia que se practica en contra de los cánones tradicionales y aceptados en la profesión, o de acuerdo con ellos. Otra cosa son, por supuesto, los usos que se hacen de esa ciencia y técnica y cómo se comportan las instituciones en las que se producen ambas. Así, hubo médicos que utilizaron en sus innobles e inhumanas investigaciones a prisioneros y la empresa química IG Farben se

sigue>

>continúa

benefició de trabajo esclavo en el campo de concentración —o mejor sería decir de exterminio— de Auschwitz, del que el escritor y químico Primo Levi nos dejó páginas que todos deberíamos leer y nadie olvidar.

Es difícil deslindar las fronteras entre la ciencia y la ideología. No debe existir compasión ni comprensión para lo que hicieron y pensaron Hitler y sus seguidores, pero en nuestra fe democrática tampoco debemos olvidar que el sistema científico-tecnológico alemán fue lo suficientemente bueno como para producir una serie de desarrollos importantes, entre los que, por supuesto, hay que recordar los misiles V-2, construidos en la base de Peenemünde bajo el liderazgo de Werner von Braun, que tanta destrucción

y temor causaron a Inglaterra; el mismo Von Braun que más tarde trabajó para la NASA estadounidense.

De todas estas cosas, y otras más (radar, códigos secretos, el papel de Albert Speer, el arquitecto y leal ministro de Hitler...) trata este libro, *Los científicos de Hitler*, de John Cornwell. Aquellos familiarizados con la abundante literatura que en historia de la ciencia y la tecnología se ocupa de este capítulo de la historia contemporánea advertirán que lo que en realidad ha hecho Cornwell en basarse en esos trabajos, añadiendo de su parte poco material original. No importa. Ha combinado y orientado esos trabajos, poco conocidos en nuestro país al no haber sido traducidos al español, con acierto, produciendo un libro que merece la pena leer.



A.21. Señala el modo en que, en distintos momentos, se manifiesta en la película que la ciencia es una actividad sometida a presiones financieras. ¿Cuáles estimas que son las causas de esas presiones?



A.22. Señala los momentos en que, en la película, se ponga de manifiesto la relación entre la actividad científica y “otros poderes”.



A.23. Redacta un pequeño informe en el que se caracterice y diferencie la ciencia básica de la ciencia aplicada o tecnología.



A.24. Busca información y redacta un informe sobre lo que es I+D e I+D+i.



A.25. Busca información y redacta un informe sobre la financiación pública/privada de la ciencia en España.

Las actividades A.23, A.24 y A.25 serán encargadas a grupos distintos, exponiendo cada uno de ellos su informe a grupo general y llegando a conclusiones tras el debate.

Para llevar a cabo todas estas actividades tiene un gran interés, por los materiales que en ella se ofrecen y su rigor y actualización continua, la página web de la siguiente dirección: @ <http://www.madrimasd.org>. En ella se pueden encontrar desde revistas on line con temática de desarrollo científico tecnológico (como el ejemplo que se inserta a continuación), hasta blogs en los que se comenta la actualidad científica y tecnológica.



JULIO CÉSAR ONDATEGUI

Madrid, una región del conocimiento y una tecnópolis en Europa

Con una visión puesta en el progreso y el modelo económico basado en el conocimiento y en la tecnología, la región de Madrid está trabajando con dos vectores llamados en este trabajo “el motor de la innovación” y “las comunidades urbanas centradas en la ciencia y en la tecnología”. En la estrategia de desarrollo regional hemos encontrado una alta concentración de centros de investigación que están

siendo reforzados por nuevos instrumentos e infraestructuras de apoyo a la innovación. Madrid está desarrollando una red de 8 parques científicos y tecnológicos diseñados por el Gobierno y las Universidades, que al mismo tiempo están siendo complementados por un programa de creación de 10 institutos de investigación avanzada.

@ <http://www.madrimasd.org/revista/revista45/tribuna/tribuna2.asp>



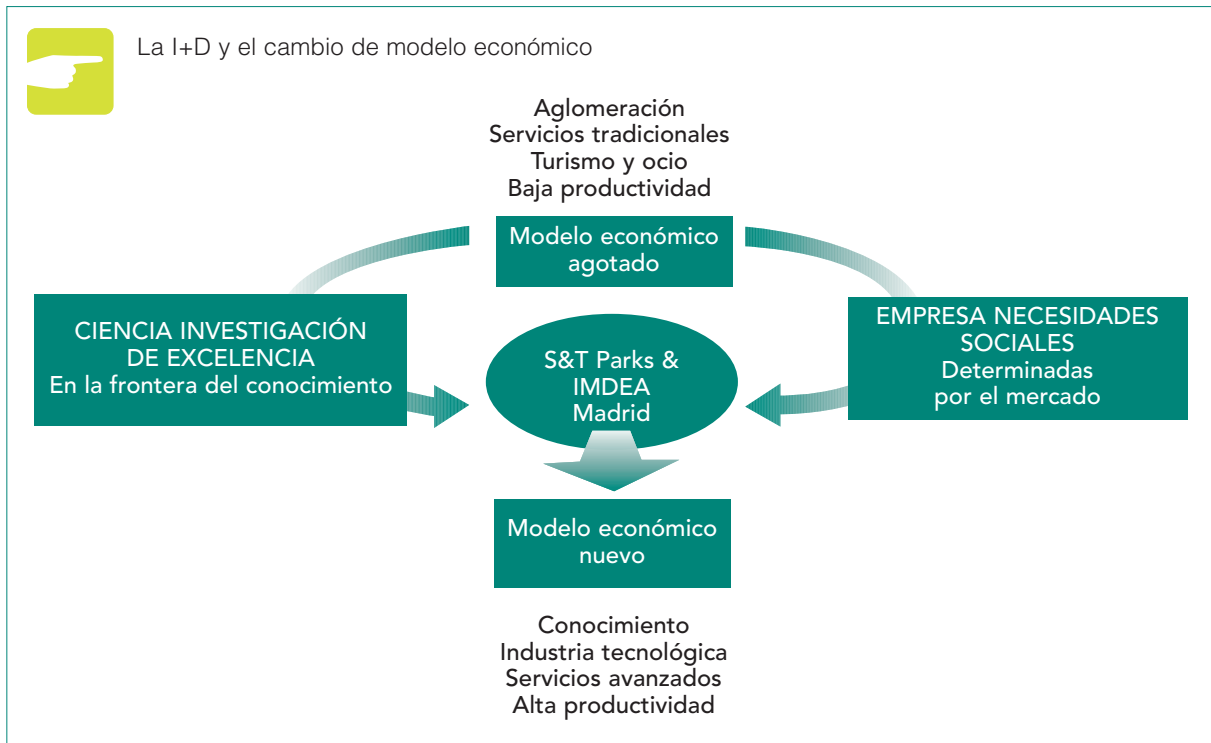
Parques e I+D en Madrid: la industria de hoy para el futuro

Los parques, centros e institutos de investigación para que en el futuro sean efectivos y científicos no se pueden abordar sin un compromiso de las universidades, elementos que ensanchan las posibilidades de avanzar hacia una “región del conocimiento”. En este aspecto en los últimos años se han introducido cambios con el fin de adecuar las actividades de investigación a las necesidades de nuevos clusters industriales. La universidad es un espacio pensado para generar outputs de formación, de investigación y nuevos conocimientos, y ahora también de incubación y empleo. Sobre estos inputs de I+D para las empresas, las universidades disponen de inmensas capacidades y recursos que pueden servir

a las empresas y otras instituciones para incorporarlos a sus procesos de innovación.

Sin embargo, las universidades han estado lejos del mundo comercial y de la industria. Hasta finales de la década de los años 90, la dedicación de los recursos docentes sólo se interesa por la investigación básica con una perspectiva académica. La preocupación ha sido el desarrollo teórico sin transferir conocimientos, ideas, alternativas y tecnología a las compañías o a la sociedad. Esta mentalidad ha ayudado a estilizar el cuello de la botella haciéndolo más firme, mientras se frenaba el desarrollo tecnológico. Ha habido escasa colaboración entre industria y ciencia.

@ <http://www.madrimasd.org/revista/revista45/tribuna/tribuna2.asp>



A.26. Señala los momentos en que en la película se evidencian los posibles problemas o conflictos entre las ideas científicas y otras ideas.

C.26 Esta recopilación debe incorporar cuestiones que se explicitan en la película, relativas a la tecnología como ideología, la capacidad o no de la ciencia para llegar a la verdad, la ciencia y el humanismo y a la ciencia y la religiosidad.

Una vez cumplimentada la actividad y formulados en términos precisos los posibles conflictos, se realizarán las siguientes actividades.



A.27. Debate sobre los temas siguientes: ¿son compatibles el progreso científico y tecnológico con el desarrollo humano hacia una vida mejor? ¿Tiene la tecnología la culpa de los males de la sociedad y del deterioro del planeta?

C.27 Los resultados y conclusiones del debate deberán establecerse por escrito y sería interesante convertirlos en paneles o pósters que pudieran ser expuestos o mostrados públicamente.

Puede utilizarse en esta actividad el trabajo de Federico Mayor Zaragoza Ciencia y poder, hoy y mañana, publicado en la revista *Anales del Sistema Sanitario*, vol. 20, nº 3 (1997), que por su extensión no podemos incluir aquí, pero que se encuentra disponible on line en la dirección: @ <http://www.cfnavarra.es/salud/anales/textos/vol20/n3/colab.html>

También es muy recomendable, por la cantidad de materiales que ofrece libremente y la orientación educativa de muchos de ellos, la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) en su página web @ <http://www.oei.es> y, en concreto, en lo que se refiere a las relaciones CTS en @ <http://www.oei.es/ctsi9900.htm>

En la prensa diaria también existen documentos que pueden servir para esta sección (véase el que se inserta a continuación, publicado el día 1 de marzo de 2008, por Carlos Martínez Alonso, presidente del CSIC, y titulado “Ya no sólo inventan ellos”, que la sola explicación y comentario del título serviría para entender en parte la situación científica y tecnológica de nuestro país).



Extracto del discurso de ingreso de José Manuel Sánchez Ron en la Real Academia Española reproducido en el diario *El País* el 20 de octubre de 2003

Elogio del mestizaje: historia, lenguaje y ciencia

Elogio del mestizaje: Historia, lenguaje y ciencia es el título que he elegido para el discurso con el que debo cumplir el requisito que la Real Academia Española impone a sus nuevos miembros. *Elogio del mestizaje*, pero entendiendo por “mestizaje” no la primera acepción que recoge nuestro Diccionario, “cruzamiento de razas diferentes”, un concepto éste peligroso, por cierto, cuando se quiere aplicar a nuestra especie. He elegido elogiar el mestizaje, pero entendido según la tercera de las acepciones de nuestro Diccionario, aquella que reza: “Mestizaje: mezcla de culturas distintas, que da origen a una nueva”.

Qué tiene que ver, podríais decirme, el mestizaje con la ciencia. Pues mucho. Mi intención es situar a la ciencia dentro de la vida, en la historia, no “de la ciencia”, sino en la historia a secas. Quiero hablaros de lo mucho que la ciencia ha recibido y puede recibir del mestizaje, de la mezcla de culturas, de los cruces de caminos. No ignoro, por supuesto, que dentro de eso que llamamos ciencia se encuentran múltiples tradiciones, métodos, personalidades, pretensiones o problemáticas. Existen, sin duda alguna, numerosos y fructíferos episodios de la ciencia en los que el grado de mestizaje es, en el sentido que yo pretendo dar a este término hoy, pequeño. Aceptemos esto sin ningún problema (en

la diversidad —que es otro tipo de mestizaje— reside la fecundidad).

Permitidme señalar que aunque voy a hablar de ciencia, me gustaría que mis palabras no fuesen oídas sólo bajo esa luz. Creo firmemente que el conocimiento científico constituye uno de los valores más firmes de nuestra especie, uno de sus atributos más nobles y distintivos. Sostengo que las vidas de todos aquellos ignorantes de los conocimientos y valores científicos son existencias limitadas, desprovistas de un instrumento maravilloso de liberación, material e inmaterial, que hemos construido nosotros mismos, los *homo sapiens*.

Creo en todo esto, sí, en el valor liberador de la ciencia, pero también creo con igual firmeza que la vida no se reduce totalmente a la ciencia. Precisamente por esto, me gustaría que interpretaseis mis disquisiciones de esta tarde en favor del mestizaje en la ciencia también como una defensa de la tolerancia, como un alegato en pro del respeto e interés por “los otros” y por sus culturas, como una manifestación de mi convicción racional —y compasiva al mismo tiempo— de que adentrarse desde la cultura propia en otras no puede acarrear sino beneficios.

Desde hace tiempo vivimos en un mundo en el que ciencia y tecnología se encuentran estrechamente relacionadas. Pensemos,

sigue>

>continúa

por ejemplo, en ese dominio científico que nos trae, prácticamente cada día, novedades antes insospechadas, el de la biología molecular: ¿es posible distinguir siempre entre avances llevados a cabo en ingeniería genética, biotecnología o biología molecular? No, o al menos no siempre.

(...) Hasta ahora he estado hablando sobre todo a vuestra razón, tratando de desarrollar argumentos y desvelar procesos históricos que sirviesen para iluminar vuestro entendimiento. Ahora querría partiros el corazón. Pero me faltan las palabras.

Querría, sí, partiros el corazón; ser capaz de crear con mis palabras mundos que hicieran que vuestros corazones reventaran de dolor, de angustia, de ansia; que lloraran de tristeza y se rebelaran. Querría poseer ese inabarcable arte del que sois maestros tantos miembros de esta Academia. Querría producir en todos vosotros, con los frutos de mi palabra y mi pensamiento, reacciones similares a las que sin duda produjeron y producirán en todos sus lectores personajes literarios como Azarías, aquel de “milana bonita, milana bonita”, al que dio vida nuestro compañero Miguel Delibes. Romperos el corazón igual que a Azarías se lo rompió el señorito Iván, incapaz de escuchar, él que como todos los de su calaña únicamente saben escucharse a sí mismos, la voz implorante de Azarías: “¡Señorito, por sus muertos, no tire!”. Desearía ser capaz de hacer que vuestros corazones sufran tanto como sufrió el de Sancho Panza cuando don Quijote se volvió loco creyéndose Alonso Quijano, y terminó, claro, muriéndose (de pena),

sin hacer caso de los cuerdos consejos y lamentos de su fiel escudero.

¿Y por qué, para qué, querría partiros el corazón? La respuesta no es difícil de entender. Permitidme que la explique.

He estado hablándoos de mestizajes científicos, pero me falta referirme a uno más, el último, pero en muchos aspectos el más importante: aquel que implica la reunión de dos culturas que deberían encontrarse unidas, pero que desgraciadamente no lo están: la “cultura humanística”, como se suele denominar, aunque sea éste un término que yo tienda a rechazar, y la “cultura científica”. ¿Cómo lograr superar esa falta de entendimiento?

Debemos producir ciencia, ciencia de primerísima línea, sí, pero también, como una condición necesaria para ello, debemos introducir la ciencia hasta en el último escondrijo de la sociedad, hacer que no sea considerada como una cultura bárbara todavía no agraciada por el lenguaje escrito; lograr despertar en todas las conciencias sentimientos de angustia ante la ignorancia científica. Es por todo esto que querría ser capaz de romper el corazón. Con ello, familiarizándoos con la ciencia, no os prometo que recibiréis seguridades de que os espera un destino eterno, o la demostración de que pertenecéis a una especie elegida, ni respuestas para todas las preguntas que podáis imaginar, ni siquiera, ¡ay!, virtud moral, pero sí os prometo respuestas fiables, entretenimiento (la ciencia es divertida) y, sobre todo, dignidad.



CARLOS MARTÍNEZ ALONSO, presidente del CSIC • *El País*, 1 de marzo de 2008

Ya no sólo inventan ellos

En el relato bíblico del comienzo del *Génesis*, la serpiente le dice a la mujer que no debe tener miedo a comer la fruta del árbol prohibido porque, si lo hace, “seréis como Dios, ya que conoceréis el bien y el mal”. En uno de los mitos fundacionales de nuestra cultura se nos dice, pues, que el conocimiento es una característica divina y que su posesión nos convierte en algo así como dioses, por lo que, quizá, todas las religiones en general, y muy particularmente la cristiana en su versión católica, se han cuidado mucho a lo largo de la historia de poner todo tipo de trabas a la exploración de lo

desconocido y a la reducción del mito en favor del *logos*, es decir, a la actividad científica. El orden establecido también ha visto con preocupación el peligro que pueden llegar a tener las teorías, la solidez epistemológica de las hipótesis o los hallazgos de la ciencia, sobre todo para el mantenimiento de un determinado *statu quo*.

Han tenido que pasar, en efecto, muchos siglos, para que la humanidad haya comprendido, por fin, la importancia que tiene para su bienestar presente y su supervivencia futura, el cultivo sistemático y masivo de la generación de conocimiento, es decir, de la

sigue>

>continúa

ciencia. Así, mientras que no se puede afirmar sin ruborizarse que la cantidad y el nivel de las producciones literarias o artísticas de nuestro tiempo son las mayores de la historia, porque ahí están Cervantes, Rembrandt o Mozart para cuestionarlo, sí se puede decir, en cambio, que la producción científica de hoy es la más abundante, más completa y más rigurosa que haya existido nunca, con o sin permiso de Newton o de Darwin.

Ello es así porque, desde hace un siglo, la producción de conocimientos científicos, ha dejado de ser una ocupación ocasional de caballeros europeos ilustrados, para convertirse en una estrategia de empresa o en una política pública, en la mayoría de los países industrializados y, por lo tanto, los que nos dedicamos a este oficio de generar conocimiento, somos hoy millones de personas trabajando a tiempo completo en todo el mundo.

En realidad, no se sabe con precisión cuántos somos, pero sí se tienen datos del número de licenciados en carreras universitarias y en ingenierías que existen en el mundo, y así sabemos que los 73 millones de personas con estudios superiores que había en 1980, habían ascendido a 194 millones en el año 2000, y que en este mismo periodo, China y la India habían multiplicado por dos sus titulados superiores (*Science & Engineering Indicators 2006*. National Science Foundation).

Desde que la dedicación a la ciencia dejó de ser una ocupación vocacional de gentileshombres y se convirtió en I+D, es decir, en una actividad profesional asalariada, se han incrementado exponencialmente los recursos financieros y humanos dedicados a la generación de conocimientos y, por lo tanto, éstos han fluido en un caudal incomparablemente mayor que en épocas pasadas.

Europa había sido, hasta el siglo XX, el origen de la casi totalidad de los conocimientos científicos, en física, matemáticas, química, biología, filosofía o economía, pero, como mínimo, desde el final de la Segunda Guerra Mundial, si no antes, nos ha adelantado Estados Unidos en producción de conocimientos y, al ritmo actual, los grandes países asiáticos no tardarán en hacerlo también. Europa se ha convertido así, en cuestión de producción de ciencia, en una especie de *Victoria de Samotracia*, un cuerpo todavía hermoso y aún robusto, pero ya sin cabeza y, en estas condiciones, es muy improbable que pueda utilizar sus alas para volar.

Hace ya más de 15 años, los presidentes de las 25 mayores empresas de los Estados Unidos de América enviaron una carta abierta al Congreso que, entre otras cosas, decía: “Nuestro mensaje es

simple. Nuestro sistema educativo y sus programas de investigación desempeñan un papel crítico y central en el avance de nuestro conocimiento... Sin el apoyo federal, la industria americana dejará de tener acceso a tecnologías básicas... Por lo tanto, respetuosamente, solicitamos que se mantenga el apoyo a un vibrante programa de investigación...”.

Esta carta recoge tres ideas que me gustaría resaltar: *a)* la necesidad de generar conocimiento; *b)* la responsabilidad y obligación de los poderes públicos en financiar la creación del conocimiento, y *c)* la relación entre la creación de riqueza, por parte del sector privado y el apoyo gubernamental a la ciencia.

En Europa, quizá con la excepción de los países escandinavos y de Irlanda, ningún grupo de empresas líderes en sus respectivos países se ha dirigido a sus parlamentos o a sus gobiernos con una solicitud parecida a la de sus colegas norteamericanos. Únase a ello, que la toma de decisiones en esta parte del mundo, suele responder literalmente al título de un conocido libro de Claude Allègre, *Cuando se sabe todo no se prevé nada y cuando no se sabe nada, se prevé todo* (traducido al español como *La sociedad vulnerable*), y se tendrán las claves para entender por qué aquellos solemnes compromisos adoptados en la Agenda de Lisboa del año 2000, que pretendían situarnos a la vanguardia de la sociedad del conocimiento, a la altura del inminente año 2010, se han quedado en esa típica hojarasca retórica, a la que somos tan afectos los ciudadanos el Viejo Mundo.

Si dejamos aparte a los países escandinavos y a Irlanda, cuya población agregada, por lo demás, apenas alcanza la mitad de la nuestra, probablemente sea España el país europeo que mayores esfuerzos ha venido realizando últimamente, para alcanzar los compromisos de la Agenda de Lisboa 2000. Es conocido el hecho de que en esta legislatura que ahora termina, se ha duplicado el presupuesto en I+D, lo cual es una especie de hazaña insólita entre los países comunitarios. Se han incorporado, además, centenares de nuevos investigadores al sistema y se están acometiendo unas reformas administrativas, que pueden facilitar la gestión de los centros de investigación, atrapados muchas veces por normas y usos que recuerdan épocas pasadas y superadas social y económicamente.

Avanzamos, pues, en la buena dirección, pero nos encontramos todavía muy lejos del lugar adecuado, que es el que nos marcan los escandinavos, Estados Unidos, Japón y los países emergentes de Asia, porque España, hoy en día, ya no puede contentarse con aspirar a alcanzar los niveles de los llamados “países de nuestro

sigue>

>continúa

entorno”, toda vez que el proceso de convergencia ha terminado y, además, con notable éxito. Ahora tenemos, nosotros también, que aspirar a tirar del carro europeo y para ello debemos redoblar el esfuerzo en aquellas políticas que más contribuyen al bienestar común y a la resolución de los graves problemas que ya nos acechan, como la mejora de la productividad, el reto de la nueva medicina, los asociados al cambio climático, o a la subsistencia de grandes bolsas de pobreza en el mundo.

Tenemos que hacerlo ya, sin esperar al largo plazo porque, como bien dejó dicho John Maynard Keynes, “a largo plazo, estamos

todos muertos” y que conste que con ese “tenemos”, no nos estamos refiriendo sólo, ni preferentemente, a los científicos, sino al conjunto de los ciudadanos, porque la práctica de la ciencia, su financiación, la explotación de sus resultados, su divulgación o su institucionalización, son asuntos demasiado importantes como para abandonarlos, sin más, en manos de unos pocos expertos.

La responsabilidad sobre el futuro de nuestra sociedad, no puede delegarse, en efecto, en una comisión de sabios: la ética, la política y aun el sentido común, exigen, por el contrario, el compromiso de una mayoría significativa de ciudadanos.



ALBERT EINSTEIN

Mi visión del mundo

Curiosa es nuestra situación de hijos de la Tierra. Estamos por una breve visita y no sabemos con qué fin, aunque a veces creemos presentirlo. Ante la vida cotidiana no es necesario reflexionar demasiado: estamos para los demás. Ante todo para aquellos de cuya sonrisa y bienestar depende nuestra felicidad; pero también para tantos desconocidos a cuyo destino nos vincula una simpatía.

Pienso mil veces al día que mi vida externa e interna se basa en el trabajo de otros hombres, vivos o muertos. Siento que debo esforzarme por dar en la misma medida en que he recibido y sigo recibiendo. Me siento inclinado a la sobriedad, oprimido muchas veces por la impresión de necesitar del trabajo de los otros. Pues no me parece que las diferencias de clase puedan justificarse: en última instancia reposan en la fuerza. Y creo que una vida exterior modesta y sin pretensiones es buena para todos en cuerpo y alma.

Es cierto que cada hombre tiene ideales que lo orientan. En cuanto a eso, nunca creí que la satisfacción o la felicidad fueran fines absolutos. Es un principio ético que suelo llamar el Ideal de la Píara.

Los ideales que iluminaron y colmaron mi vida desde siempre son: bondad, belleza y verdad. La vida me habría parecido vacía sin la sensación de participar de las opiniones de muchos, sin concentrarme en objetivos siempre inalcanzables tanto en el arte como en la investigación científica. Las banales metas de propiedad, éxito exterior y lujo me parecieron despreciables desde la juventud.

Mi ideal político es la democracia. El individuo debe ser respetado en tanto persona. Nadie debería recibir un culto idolátrico. (Siempre me pareció una ironía del destino el haber suscitado tanta admiración y respeto inmerecidos. Comprendo que surgen del afán por comprender el par de conceptos que encontré, con mis escasas fuerzas, al cabo de trabajos incesantes. Pero es un afán que muchos no podrán colmar.)

Sé, claro está, que para alcanzar cualquier objetivo hace falta alguien que piense y que disponga. Un responsable. Pero de todos modos hay que buscar la forma de no imponer a dirigentes. Deben ser elegidos. Los sistemas autocráticos y opresivos degeneran muy pronto. Pues la violencia atrae a individuos de escasa moral, y es ley de vida el que a tiranos geniales sucedan verdaderos canallas.

Con esto paso a hablar del peor engendro que haya salido del espíritu de las masas: el ejército al que odio. Que alguien sea capaz de desfilar muy campante al son de una marcha basta para que merezca todo mi desprecio; pues ha recibido cerebro por error: le basta con la médula espinal. Habría que hacer desaparecer lo antes posible a esa mancha de la civilización. Cómo detesto las hazañas de sus mandos, los actos de violencia sin sentido, y el dichoso patriotismo. Qué cínicas, qué despreciables me parecen las guerras. ¡Antes dejarme cortar en pedazos que tomar parte en una acción tan vil!

sigue>

>continúa

A pesar de lo cual tengo tan buena opinión de la humanidad, que creo que este fantasma se hubiera desvanecido hace mucho tiempo si no fuera por la corrupción sistemática a que es sometido el recto sentido de los pueblos a través de la escuela y de la prensa, por obra de personas y de instituciones interesadas económica y políticamente en la guerra.

El misterio es lo más hermoso que nos es dado sentir. Es la sensación fundamental, la cuna del arte y de la ciencia verdaderos. Quien no la conoce, quien no puede asombrarse ni maravillarse, está muerto. Sus ojos se han extinguido.

Esta experiencia de lo misterioso —aunque mezclada de temor— ha generado también la religión. Pero la verdadera religiosidad es saber de esa Existencia impenetrable para nosotros, saber

que hay manifestaciones de la Razón más profunda y de la Belleza más resplandeciente sólo asequibles en su forma más elemental para el intelecto. En ese sentido, y sólo en éste, pertenezco a los hombres profundamente religiosos. Un Dios que recompense y castigue a seres creados por él mismo que, en otras palabras, tenga una voluntad semejante a la nuestra, me resulta imposible de imaginar. Tampoco quiero ni puedo pensar que el individuo sobreviva a su muerte corporal, que las almas débiles alimenten esos pensamientos por miedo, o por un ridículo egoísmo. A mí me basta con el misterio de la eternidad de la Vida, con el presentimiento y la conciencia de la construcción prodigiosa de lo existente, con la honesta aspiración de comprender hasta la mínima parte de razón que podamos discernir en la obra de la Naturaleza.



A.28. Debate sobre el tema: ¿la ciencia y la religión son modos incompatibles de ver el mundo? ¿Tiene la ciencia algo que decir a la religión? ¿Y la religión a la ciencia?

C.28 Se puede completar con la búsqueda de ejemplos históricos en las que este conflicto ciencia-religión haya sido más evidente (Bruno, Galileo, Servet... hasta Darwin y el diseño inteligente, que podría enlazar con el tema de la evolución).



CHARLES DARWIN • *Autobiografía*

Nadie discute que haya mucho sufrimiento en el mundo. Algunos han tratado de explicarlo, con relación al hombre, imaginando que ello sirve para su perfeccionamiento moral. Pero la cantidad de seres humanos que hay en el mundo no es nada en comparación con la de los demás seres sensibles, y éstos sufren a menudo muchísimo, y sin ningún perfeccionamiento moral. Un ser tan poderoso y lleno de sabiduría como Dios, que pudo crear el universo, es para nuestras mentes finitas omnipotente y omnisciente, y nuestro entendimiento se rebela al suponer que su benevolencia no es ilimitada porque ¿qué ventaja puede haber en el sufrimiento de millones de animales inferiores durante un tiempo tan interminable? Este antiquísimo argumento contra la existencia de una primera

causa inteligente, basado en la existencia del sufrimiento, me parece muy sólido; mientras que, como ya he apuntado, la presencia de tanto sufrimiento concuerda bien con la teoría de que todos los seres orgánicos se han desarrollado por medio de la variación y de la selección natural.

En nuestros días el argumento más utilizado para demostrar la existencia de un Dios inteligente se apoya en la profunda convicción íntima y en el sentimiento que la mayoría de la gente experimenta. Pero no se puede dudar que los hindúes, mahometanos y otros puedan argüir en la misma forma y con igual fuerza o mayor en favor de la existencia de un Dios, o de muchos Dioses, o, como los budistas, de ningún Dios. Existen también muchas tribus salvajes

sigue>

>continúa

de las que no se puede decir con honradez que crean en lo que nosotros llamamos Dios: de hecho, creen en espíritus o en fantasmas, y puede explicarse, como han demostrado Tyler y Herbert Spencer, la forma en que es probable que surja semejante creencia.

Emociones como las que acabo de aludir me llevaron en otro tiempo (aunque no creo que mis sentimientos religiosos estuvieran en ningún momento demasiado arraigados) a creer firmemente en la existencia de Dios y en la inmortalidad del alma. En mi Diario escribí que cuando se encuentra uno en medio de la magnificencia de una selva brasileña, “no es posible dar una idea adecuada de los sublimes sentimientos de asombro, admiración y devoción que llenan y elevan el espíritu”. Recuerdo bien mi convicción de que en el hombre había algo más que el mero aliento de su cuerpo, pero ahora las escenas más grandiosas no serían capaces de hacer nacer en mi mente semejantes convicciones y sensaciones. Podría decirse acertadamente que soy como una persona que se ha vuelto daltónica, y la creencia universal en la existencia del color rojo hace que mi actual pérdida de percepción carezca de todo valor como testimonio. Este argumento sería válido si todas las personas de todas las razas tuvieran la misma convicción interna de la existencia de Dios; pero sabemos que eso está muy lejos de ser cierto. Por lo tanto, no veo que tales convicciones y sentimientos tengan peso alguno como prueba de que existe realmente (el estado de ánimo que antaño suscitaban en mí los paisajes grandiosos, que estaba en estrecha conexión con la fe en Dios, no difería sustancialmente de lo que a menudo se llama sentimiento de lo sublime). Y por difícil que resulte explicar la génesis de esta sensación, no podemos proponerla

como argumento en favor de la existencia de Dios, igual que no podemos aducir el intenso, aunque vago sentimiento provocado por la música, que es similar a aquella sensación...

Otra fuente de convicción de la existencia de Dios, relacionada con la razón y no con los sentimientos, me parece de mucho más peso. Es la que se deduce de la extrema dificultad, o más bien la imposibilidad de concebir este inmenso y maravilloso universo, incluyendo al hombre con su capacidad de reflexionar sobre el pasado y el futuro, como un resultado del ciego azar o la necesidad. Cuando pienso en esto, me veo obligado a acudir a una primera causa, dotada de una mente inteligente, en cierto grado análoga a la del hombre, y merezco ser considerado teísta. Que yo recuerde, esta conclusión era muy firme en mí por el tiempo en que escribía *El origen de las especies* y desde entonces es cuando se ha ido debilitando poco a poco, con numerosas fluctuaciones. Pero entonces surge la duda: ¿Puede darse crédito a la mente humana, que se ha ido desarrollando, según estoy convencido, a partir de una mente tan baja como la que poseen los animales inferiores? ¿No podrán ser éstas el resultado de la relación entre causa y efecto, que aunque a nosotros nos parece necesaria, probablemente depende sólo de la experiencia heredada? Tampoco podemos pasar por alto la probabilidad de que la inculcación constante de una creencia en Dios en la mente de los niños produzca un efecto tan fuerte, y quizás heredado, en sus cerebros no totalmente desarrollados, que les resulte tan difícil librarse de su creencia en Dios, como a un mono de su miedo y aversión instintivos a una serpiente.

También se puede trabajar con textos o comentarios de científicos modernos (cosmólogos) sobre el tema. Por ejemplo:

- “La fuente principal de conflictos entre las esferas científica y religiosa en el presente reside en ese concepto de un Dios personal” (*Einstein*).
- “La religiosidad del investigador se apoya en el asombro ante la armonía de las leyes que rigen la naturaleza, en la que se manifiesta una racionalidad tal, que en contraposición con ella toda la estructura del pensamiento humano se convierte en un insignificante destello” (*Einstein*).
- La naturaleza está privada de valores. Entre los valores están, principalmente, la **finalidad** y el **sentido** (...) En la elaboración de cualquier teoría debe estar ausente cualquier valor,

precisamente. Y no es esperable que de una teoría natural emerjan valores como la finalidad y el sentido de la misma. La ética no nace de la naturaleza sino de la acción (y ésta volverá a desvanecerse cuando al enfriarse el Sol, la Tierra se convierta en un desierto de hielo y piedra) (...) El Dios personal no tiene cabida en un mundo que sólo resulta comprensible al precio de retirar de él todo lo personal. La presencia de Dios debe quedar como una vivencia y, por tanto, fuera del marco del espacio-tiempo. 'No encuentro a Dios en el espacio ni en el tiempo', dice el físico sincero" (*E. Schödinger*).

- "Los recientes hallazgos sobre el universo encajan a la perfección con una idea de Dios creador en forma de una inteligencia superior que se ha encarnado en las leyes naturales" (*Charles Tornes*).
- "Sólo podemos conjeturar que el significado de la vida es muy raro. ¿Representa acaso la culminación hacia la que tiende toda la creación para la cual los miles de millones de años de transformación de la materia en estrellas y nebulosas deshabitadas y el derroche de radiación en el espacio desierto ha sido solamente una preparación increíblemente extravagante? (...) Pero, ¿somos realmente tan espléndidos como para justificar un prólogo tan largo? (...) Si se me concediera omnipotencia y millones de años para ejercitarla, no creo que tuviera mucho de que jactarme si el Hombre fuera el resultado final de todos mis esfuerzos" (*Bertrand Russell*).
- "Toda religión, socialmente considerada, tiene tres aspectos: a) una iglesia, b) un credo, y c) una moral (código práctico). La fuente del conflicto con la ciencia son los credos. El credo religioso difiere de la teoría científica en que aquél pretende encarnar una verdad absoluta y eterna mientras que la ciencia tiene conciencia de la provisionalidad de sus resultados (sobre todo a partir del último siglo). La ciencia moderna favorece el abandono de la verdad absoluta por la 'verdad técnica' (resultados que funcionan). Pero en la medida en que la religión (religiosidad) consiste en una manera de sentir, más bien que en un conjunto de creencias, la ciencia no la puede tocar" (*Bertrand Russell*).
- "El concepto religioso de la creación surge del asombro ante la existencia del universo y el lugar que ocupamos en él. El concepto científico trasluce un asombro similar: estamos impresionados por la simplicidad última y el poder creativo de la naturaleza física, y por su belleza en todas las escalas" (*G. Smoot*).
- "La teología es una rama de la Física y (que) los investigadores de la Física podrán deducir (sic) la existencia de Dios y la plausibilidad de la resurrección de los muertos a la vida eterna mediante los cálculos apropiados, de la misma forma que se calculan las propiedades del electrón" (*Frank Tipler*).
- "La reflexión científica hace más razonable que uno piense que existe Dios que lo contrario (pero) no en el Dios que nos enseñan en el catecismo, sino de un ser que existe como fundamento de todo, (...) un Dios que no hace, no crea, no interviene, simplemente es el fundamento del universo" (*Enrique Miret Magdalena*).



A.29. ¿Sería el descubrimiento de civilizaciones extraterrestres, aunque no se llegara a entrar en contacto con ellas, el “más grande de la historia de la humanidad”, tal como se dice en la película? ¿Qué repercusiones podría tener? Redacta en no más de un folio tu opinión sobre este asunto.



A.30. En este momento se deberá recuperar el documento que se debió elaborar en la realización de la actividad A.10 y repensarlo, extrayendo conclusiones sobre los posibles cambios que se hayan dado en la percepción de los alumnos en relación a estos temas.

La evaluación consistirá en una parte que tenga que ver con el trabajo diario en clase (participación, cuaderno, informes, presentaciones...) y también la realización de una prueba escrita en la que se valore la consecución de objetivos en relación a los tres bloques en que se ha estructurado el desarrollo del tema.

La prueba escrita puede consistir en:

- Reconocimiento y explicación de términos científicos en un artículo de prensa lo más reciente posible, así como una valoración del mismo.
- Comentario de algún texto que trate de cuestiones sobre método científico o naturaleza de las teorías científicas. Por ejemplo, el siguiente:

Los experimentos, desde luego, son necesarios para el progreso de la ciencia. La cadena que va desde un nuevo e intrigante experimento hasta un esquema teórico que lo explica es, desde luego, el proceso más corriente, sobre todo en los logros diarios de la mayoría de los científicos. Sin embargo, debemos resistirnos a la falacia 'experimentista' de imponer una secuencia lógica. Esta idea no solamente falsea el desarrollo histórico real de los procesos de pensamiento que pueden haber llevado a cabo a los descubrimientos científicos más importantes; una doctrina tal, en caso de que fuese tomada al pie de la letra, no solamente podría inhibir el trabajo creativo en la ciencia; al llamar la atención principalmente sobre el material, visible externamente, que da respaldo factual y utilidad operacional a la teoría desarrollada, se deja de hacer la justicia debida a toda la grandeza de la teoría (G. Holton: Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein).

La condición de físico teórico es poco envidiable porque la naturaleza, o más concretamente, la experimentación, resulta ser un juez inexorable de su trabajo. Y además un juez poco amistoso. Nunca da un 'sí' inequívoco a una teoría. En los casos más favorables dice 'quizá'; en el resto, que es la gran mayoría, responde con un lacónico 'no'. Si un experimento está de acuerdo con una teoría, ésta recibe un 'quizá'; si el experimento no está de acuerdo, significa 'no'. Lo más probable es que todas las teorías reciban con el tiempo su 'no'; la mayoría de ellas, apenas empezadas a concebir (A. Einstein).

- Análisis de alguna noticia o texto sobre relaciones CTSA, también, si es posible, de actualidad o impacto.



| UNIDAD TEMÁTICA 4 |

EL CAMBIO CLIMÁTICO: ALGO MÁS QUE UN RIESGO

Emilio Pedrinaci Rodríguez

Catedrático de Ciencias Naturales
IES "El Majuelo" de Gines, Sevilla

| Introducción

El progreso humano no es ni automático ni inevitable. El futuro ya está aquí y debemos enfrentar la cruda urgencia del ahora. En este acertijo constante que implica la vida y la historia, la posibilidad de llegar tarde existe. Podemos rogarle desesperadamente al tiempo que detenga su paso, pero el tiempo es sordo a nuestras súplicas y seguirá su curso. Sobre montañas de blancas osamentas y desperdicios de múltiples civilizaciones se observan las terribles palabras: demasiado tarde.



Martin Luther King

Tras muchos años en que ha sido ocultado, confundido y negado, el cambio climático se ha convertido en el ¿riesgo natural? por excelencia, aquel que extiende su amenaza a todos y a todo, con algunos efectos que ejercerán su influencia durante muchas décadas y otros que pueden resultar ya irreversibles.

Si bien su denominación “oficial” es cambio climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, creado por Naciones Unidas) hay investigadores que prefieren llamarlo **cambio global** (Duarte, 2006), en la medida en que entienden que el calentamiento generalizado del planeta implica no sólo un cambio climático, sino también la alteración en el funcionamiento de los ecosistemas, la pérdida de biodiversidad y grandes cambios en el uso del suelo.

Seguramente no hay un problema científico que esté concitando más interés general en los últimos años. Su presencia en los medios de comunicación es permanente y la publicación de monografías sobre él está superando todos los registros. Acerca del cambio climático se pronuncian los presidentes de gobierno de los países más influyentes, los principales organismos internacionales y científicos de todo el mundo. Y ha merecido la concesión del Premio Nobel de la Paz 2007 al IPCC por sus investigaciones sobre el cambio climático y a Al Gore, ex vicepresidente de Estados Unidos, por su labor divulgativa.

| Por qué se ha elegido esta cuestión

Quizá baste con lo dicho en esta breve introducción para justificar la elección del cambio climático como problema en torno al cual desarrollar una unidad didáctica que pueda trabajarse en la materia *Ciencias para el mundo contemporáneo* (en adelante CMC). Con todo, tal vez sea útil una argumentación más completa.

Así, **trabajar con detenimiento el cambio climático resulta adecuado porque es un problema:**

- **De gran interés científico.** Sólo en el IPCC participan más de dos mil científicos de todos los países, cuyos trabajos contrastan, debaten, replican y validan. Se trata, por otra parte, de un problema complejo cuyo análisis y tratamiento supera los márgenes estrictos de las disciplinas clásicas, exigiendo colaboración interdisciplinaria y enfoques holísticos, circunstancia que favorece una participación más amplia y diversa.
- **De gran interés tecnológico.** Plantea retos relacionados con la utilización de las energías renovables, con la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero, con el uso de sumideros para estos gases, con la mejora en la eficiencia energética de edificios, automóviles, electrodomésticos, etcétera.
- **De gran interés social.** Es un problema que afecta a toda la humanidad, que evidencia los desequilibrios Norte-Sur, que cuestiona nuestros modelos de vida y aconseja la adopción inmediata de medidas, algunas de las cuales pueden resultar dolorosas.
- **De gran interés didáctico.** El conocimiento científico se ha generado para dar respuesta a problemas. Una de las razones que dificultan el aprendizaje de las ciencias se deriva de que con demasiada frecuencia se estudian los conceptos, teorías o principios de manera descontextualizada sin hacer referencia al problema para cuya respuesta se generaron. En el caso que nos ocupa, nos enfrentamos a algo que constituye hoy un problema científico, de manera que no es necesario recurrir a un pasaje de la historia de la ciencia para poner en situación al alumnado ni para que valore las dificultades a las que se enfrentaron los científicos. Además es un problema que, como se ha dicho, une a su relevancia científica un gran interés social, circunstancia que facilita la implicación del alumnado, de manera que:

– *Puede resultar de interés para el alumnado de Bachillerato.* Como señala Millar (2006), al diseñar una propuesta para una materia como CMC una de las preguntas básicas que debemos plantearnos es: ¿qué



tipo de curso de ciencias podría encontrar interesante y útil el alumnado tanto ahora como en sus vidas de adultos? Parece claro que ambas circunstancias concurren en este caso.

- *Invita a que los estudiantes busquen información y tomen decisiones informadas* en aspectos que les afectan como ciudadanos. El cambio climático es un problema abierto cuya respuesta conviene analizar, y sobre el que es necesario adoptar una postura personal. Postura que debe afectar tanto a comportamientos individuales cotidianos y a la escala de valores ciudadanos, como a la formulación de demandas y exigencias a los responsables públicos.
- *Permite un acercamiento a la cuestión sin exigir un conocimiento científico profundo*. Obviamente, los problemas que forman parte del cambio climático y su proyección están siendo abordados por los investigadores con un nivel de complejidad inaccesible para los estudiantes de CMC. Lo que se quiere indicar es que el problema seleccionado permite una aproximación que está al alcance del alumnado al que se destina, sin necesidad de entrar en detalles científicos complejos que suelen resultarles disuasorios.
- *Tiene perspectiva de continuidad*. Un problema resuelto es un problema desactivado didácticamente. Desafortunadamente, no es lo que va a ocurrir en este caso a corto plazo sino que condicionará la vida en este planeta durante varias generaciones. Esta circunstancia, desde la perspectiva didáctica, resulta de utilidad porque permitirá que su trabajo en el aula tenga continuidad, ofreciendo oportunidades para revisar y contrastar el material didáctico elaborado.

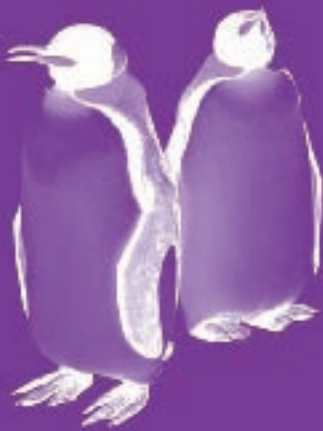
| Qué relaciones tiene con el currículo de CMC

La unidad didáctica que se presenta permite trabajar los siguientes apartados del currículo de CMC (MEC, 2007):



Objetivos

- 1. Conocer el significado cualitativo de algunos conceptos, leyes y teorías, para formarse opiniones fundamentadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas, que tengan incidencia en las condiciones de vida personal y global y sean objeto de controversia social y debate público.*
- 2. Plantearse preguntas sobre cuestiones y problemas científicos de actualidad y tratar de buscar sus propias respuestas, utilizando y seleccionando de forma crítica información proveniente de diversas fuentes.*
- 3. Obtener, analizar y organizar informaciones de contenido científico, utilizar representaciones y modelos, hacer conjeturas, formular hipótesis y realizar reflexiones fundadas que permitan tomar decisiones fundamentadas y comunicarlas a los demás con coherencia, precisión y claridad.*
- 4. Adquirir un conocimiento coherente y crítico de las tecnologías de la información, la comunicación y el ocio presentes en su entorno, propiciando un uso sensato y racional de las mismas para la construcción del conocimiento científico, la elaboración del criterio personal y la mejora del bienestar individual y colectivo.*
- 5. Argumentar, debatir y evaluar propuestas y aplicaciones de los conocimientos científicos de interés social relativos a la salud, el medio ambiente, los materiales, las fuentes de energía, el ocio, etc., para poder valorar las informaciones científicas y tecnológicas de los medios de comunicación de masas y adquirir independencia de criterio.*
- 6. Poner en práctica actitudes y valores sociales como la creatividad, la curiosidad, el antidogmatismo, la reflexión crítica y la sensibilidad ante la vida y el medio ambiente, que son útiles para el avance personal, las relaciones interpersonales y la inserción social.*
- 7. Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de la calidad de vida, reconociendo sus aportaciones y sus limitaciones como empresa humana cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas al contexto cultural, social y económico en el que se desarrollan.*

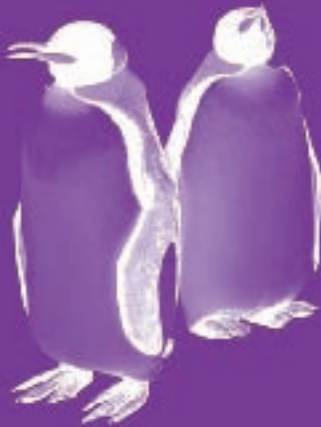


8. Reconocer en algunos ejemplos concretos la influencia recíproca entre el desarrollo científico y tecnológico y los contextos sociales, políticos, económicos, religiosos, educativos y culturales en que se produce el conocimiento y sus aplicaciones.

Contenidos

Bloque 1. Contenidos comunes

1. Distinción entre las cuestiones que pueden resolverse mediante respuestas basadas en observaciones y datos científicos de aquellas otras que no pueden solucionarse desde la ciencia.
2. Búsqueda, comprensión y selección de información científica relevante de diferentes fuentes para dar respuesta a los interrogantes, diferenciando las opiniones de las afirmaciones basadas en datos.
3. Análisis de problemas científico-tecnológicos de incidencia e interés social, predicción de su evolución y aplicación del conocimiento en la búsqueda de soluciones a situaciones concretas.
4. Disposición a reflexionar científicamente sobre cuestiones de carácter científico y tecnológico para tomar decisiones responsables en contextos personales y sociales.
5. Reconocimiento de la contribución del conocimiento científico-tecnológico a la comprensión del mundo, a la mejora de las condiciones de vida de las personas y de los seres vivos en general, a la superación de la obiedad, a la liberación de los prejuicios y a la formación del espíritu crítico.



Bloque 4. Hacia una gestión sostenible del planeta

1. La sobreexplotación de los recursos.
2. Los impactos: la contaminación, el aumento de residuos y la pérdida de biodiversidad. El cambio climático.
3. El problema del crecimiento ilimitado en un planeta limitado. Los compromisos internacionales y la responsabilidad ciudadana.

En definitiva, la intención de esta unidad didáctica es ofrecer oportunidades para que los estudiantes de CMC:

- Analicen el cambio climático que está produciéndose, sus causas y consecuencias, valoren su gravedad y las posibilidades de intervención que tenemos.
- Mejoren su comprensión de cómo funciona la Tierra. Si la Tierra es nuestro planeta, si nuestra existencia y la de todos los organismos dependen de ella, si la introducción de cambios en su funcionamiento, intencionados

o no, puede acarrear consecuencias dramáticas, tener las nociones básicas de cómo funciona la Tierra debería ser un objetivo fundamental de la enseñanza de las ciencias.

- Valoren la ayuda que proporciona una mirada científica del medio natural y social en la medida en que permite formularse preguntas, abordar su tratamiento y extraer conclusiones fundadas.
- Desarrollen la capacidad de planificar y utilizar estrategias coherentes con los procedimientos de la ciencia para la resolución de problemas: búsqueda y tratamiento de la información, observación, descripción, clasificación, diseño de contrastación...
- Comprendan la naturaleza de la ciencia, las aportaciones científicas y tecnológicas al desarrollo social y el papel que debe jugar la ciudadanía en la valoración de las cuestiones que le afectan.
- Y entiendan que en una sociedad tecnológicamente avanzada la ciudadanía debe estar en condiciones de debatir cuestiones de interés social relacionadas con la ciencia y la tecnología, formarse una opinión fundada sobre ellas y participar en la toma de decisiones.

| Qué dificultades ofrece y cómo pueden franquearse

Entre las dificultades que ofrece la enseñanza del cambio climático hay algunas que pueden transformarse en excelentes oportunidades para el tratamiento de ciertas cuestiones. Así, las campañas de desinformación promovidas por intereses de diverso tipo que siembran los medios de comunicación de dudas con eslóganes del tipo: “Los científicos no se ponen de acuerdo”, o “Si no podemos pronosticar el tiempo que hará la semana próxima cómo vamos a saber el clima que habrá dentro de 50 años” pueden convertirse en excelentes oportunidades para tratar cuestiones como qué es y qué no es ciencia, o cómo funciona la ciencia, o reflexionar acerca de la incertidumbre en la ciencia. En consecuencia, dificultades de este tipo las vamos a abordar en los comentarios a las actividades propuestas que están relacionadas con ellas.

Existen, sin embargo, otras dificultades que constituyen obstáculos que condicionan el aprendizaje del cambio climático y debemos afrontarlas como tales. Entre ellas, hay dos que destacan: ¿qué hacer cuando sobre una cuestión circula mucha información y lo hace con más desorden que rigor?, y ¿cómo analizar con estudiantes de Secundaria un problema tan complejo sin ofrecer una perspectiva simplista?

1. ¿QUÉ HACER CUANDO SOBRE UNA CUESTIÓN CIRCULA MUCHA INFORMACIÓN Y LO HACE CON MÁS DESORDEN QUE RIGOR?

¿Qué podemos hacer con una cuestión para la que el buscador Google daba en septiembre de 2007 más de 700.000 entradas? Una cuestión que aparece cada día en los telediarios, en las portadas de los periódicos e incluso en las pantallas de cine. Cómo manejar tal avalancha de informaciones que unas veces carecen de rigor y otras están desestructuradas pero que casi siempre son fragmentarias.

Como se ha señalado en diversas ocasiones (*Pozo, 1996*) uno de los cambios en las “reglas de juego” de nuestro trabajo como enseñantes ocurridos en las últimas décadas se deriva de haber pasado de ser la única fuente de información para los estudiantes, o casi, a compartir este papel con otras fuentes y medios de comunicación. Es un cambio que no siempre asumimos y que tiene diferente peso en según qué circunstancias pero que, en la cuestión que nos ocupa, adquiere un protagonismo esencial.

Cuando se es, o se era, la fuente básica de información, es posible administrarla, regularla y secuenciarla, pero cuando la información afluye desde las más variadas fuentes, el asunto se complica porque se trata, las más de las veces, de una información confusa, cuando no directamente engañosa. En estos casos, de los que el cambio global es un ejemplo paradigmático, parece claro que nuestra prioridad debería dirigirse a:

- **Ofrecer oportunidades para cribar, analizar y valorar el significado** de informaciones que circulan por los medios de comunicación. Trabajar con noticias de prensa es casi siempre recomendable, pero en casos como éste resulta obligado, no sólo para contextualizar los contenidos que se trabajan, o para mostrar las relaciones entre ciencia y sociedad sino, incluso, para poder ejercer nuestra tarea formativa.
- **Proporcionar esquemas interpretativos** que permitan a los estudiantes ordenar, otorgar sentido y relacionar informaciones diversas. Las informaciones transmitidas por los medios de comunicación pueden ser o no confusas, pueden tener más o menos rigor pero siempre son fragmentarias. De ahí la necesidad de elaborar un esquema interpretativo que ayude a ubicar la información que se posee o se recibe, que ofrezca criterios para seleccionarla, que sirva de guía para buscar nueva información o para completarla y, en definitiva, que facilite su integración dentro de un esquema global.

Una opción que funciona muy bien consiste en: a) seleccionar las grandes preguntas que deben ser tratadas; b) establecer las oportunas relaciones entre ellas, y c) construir un esquema jerárquico que organice el trabajo de búsqueda de información, facilite su interpretación y ayude a proporcionar una visión de conjunto (*véase cuadro 1*).

2. ¿CÓMO ANALIZAR CON ESTUDIANTES DE SECUNDARIA UN PROBLEMA TAN COMPLEJO SIN OFRECER UNA PERSPECTIVA SIMPLISTA?

El sistema climático no es lineal, es un sistema complejo, lo que significa, como explica la teoría del caos, que pequeños cambios en ciertas variables introducen una aleatoriedad en el sistema que dificulta su análisis y limita su predictibilidad. Las variables que pueden generar un cambio climático son muchas y de muy diversa índole, algunas tienen origen externo (cambios en la actividad solar, cambios en la órbita terrestre o impactos de meteoritos), otras forman parte del sistema climático interno de la Tierra (cambios en el valor medio del albedo terrestre, en la composición atmosférica, en las corrientes marinas, en la distribución de tierras y mares, cambios en la biosfera...). Pero no sólo son muchas las variables que intervienen, sino que entre ellas se producen interacciones complejas que con frecuencia generan bucles

de retroalimentación, e interacciones en las que causas locales desencadenan cambios globales.

Por otra parte, el análisis de estos procesos implica el manejo de escalas espaciales que superan ampliamente la dimensión local o regional, y escalas temporales de siglos, miles e incluso millones de años y se precisa constantemente dar saltos desde la escala local a la planetaria y desde el presente al pasado o al futuro.

Resultaría pretencioso, en consecuencia, ofrecer un tratamiento que permita superar todas estas dificultades de manera generalizada, con independencia de las características del aula o de los estudiantes. Pueden, sin embargo, proporcionarse algunos criterios básicos que nos ayuden a afrontar estas dificultades con ciertas posibilidades de éxito. Así, conviene:

- **Graduar las dificultades.** Aunque la información de partida sea mucha y diversa, el esquema organizativo inicial que se propone en el siguiente apartado no sólo debe servir para poner orden, relacionar y ofrecer una perspectiva global sino, además, para ubicar los problemas y las informaciones disponibles atendiendo también a su dificultad y a sus requisitos cognitivos, de manera que puedan secuenciarse en función de su complejidad.
- **Formular una propuesta que integre enfoques reduccionistas y sistémicos.** Con frecuencia, dependiendo de la naturaleza del problema que se aborda, o de la perspectiva epistemológica de quien lo afronta, se opta por un tratamiento reduccionista o por uno sistémico. No hay duda de que en el caso del cambio climático resulta imprescindible un enfoque holístico que considere a la Tierra como un sistema “semicerrado” que intercambia energía y algo de materia con el exterior y que presenta múltiples interacciones entre la atmósfera, hidrosfera, biosfera y geosfera. Sin embargo, puede y debe verse complementado con otro reduccionista que ayude a avanzar en el análisis de ciertas variables sin introducir por ello complejidades difíciles de abordar.
- **Ayudar a construir modelos interpretativos cada vez más complejos.** Las interacciones entre las variables que intervienen deben graduarse. En un problema con el cambio climático todo está relacionado pero hay que renunciar a conectarlo todo en cada una de las actividades que se trabajan. El objetivo será que al final se disponga de un modelo interpretativo suficientemente rico y complejo.

Sin menospreciar la importancia de las dificultades señaladas (y de otras, como las derivadas de la existencia de causas locales susceptibles de producir efectos globales) es posible un acercamiento al problema del cambio climático, sus causas y consecuencias, que esté al alcance no ya de los estudiantes de 1º de Bachillerato, sino de los de enseñanza obligatoria.

| Una secuencia entre muchas

La tarea que aquí se afronta no es decidir una secuencia de contenidos para una etapa educativa (el bachillerato, por ejemplo), ni siquiera está en cuestión la secuencia para toda una materia, CMC. En esta ocasión sólo pretendemos hacer una secuencia para abordar el problema del cambio climático, por tanto, casi se trata más de una organización de contenidos.

Con todo, el asunto está lejos de carecer de interés. En efecto, si los conocimientos que se quieren trabajar fuesen independientes unos de otros y si todos ellos tuviesen el mismo nivel de complejidad poco importaría el orden de tratamiento. Pero si se está convencido de que determinados aprendizajes no se adquieren si antes no se poseen ciertas nociones de otros, y si se valora la importancia de las relaciones que se establecen entre los nuevos conocimientos y los que ya se poseen, quizá debamos dedicarle alguna atención.

¿Se trabajan primero las bases teóricas necesarias y, a partir de ellas, se abordan situaciones reales? ¿Por dónde debe comenzarse el análisis del cambio climático en un curso como el de CMC? ¿Se parte del análisis de la situación actual o de la del pasado? ¿Qué itinerario puede resultar más adecuado? La respuesta a estas cuestiones no es sencilla ni puede ser cerrada. No hay una secuencia que pueda calificarse de correcta con independencia de los estudiantes a los que vaya dirigida, de su formación, de sus intereses o del momento del curso en que decida trabajarse. En todo caso, esta tarea implica como mínimo:

- Analizar los contenidos con los que se pretende trabajar y ver sus requisitos.
- Seleccionar aquellos que se consideran más relevantes.
- Definir las relaciones que deben establecerse y el momento más adecuado para hacerlas.

Detallar cada una de estas tareas supera con creces las características de un trabajo como éste. En cualquier caso, las decisiones básicas relacionadas con la organización de los contenidos que hemos adoptado y que más afectan a su secuenciación son:

- **Las teorías, leyes o principios necesarios para entender los fenómenos que aquí se tratan se introducen cuando la situación lo demanda y sólo en la medida en que resultan imprescindibles.** Hacerlo de otro modo podría ser disuasorio, especialmente para los estudiantes de

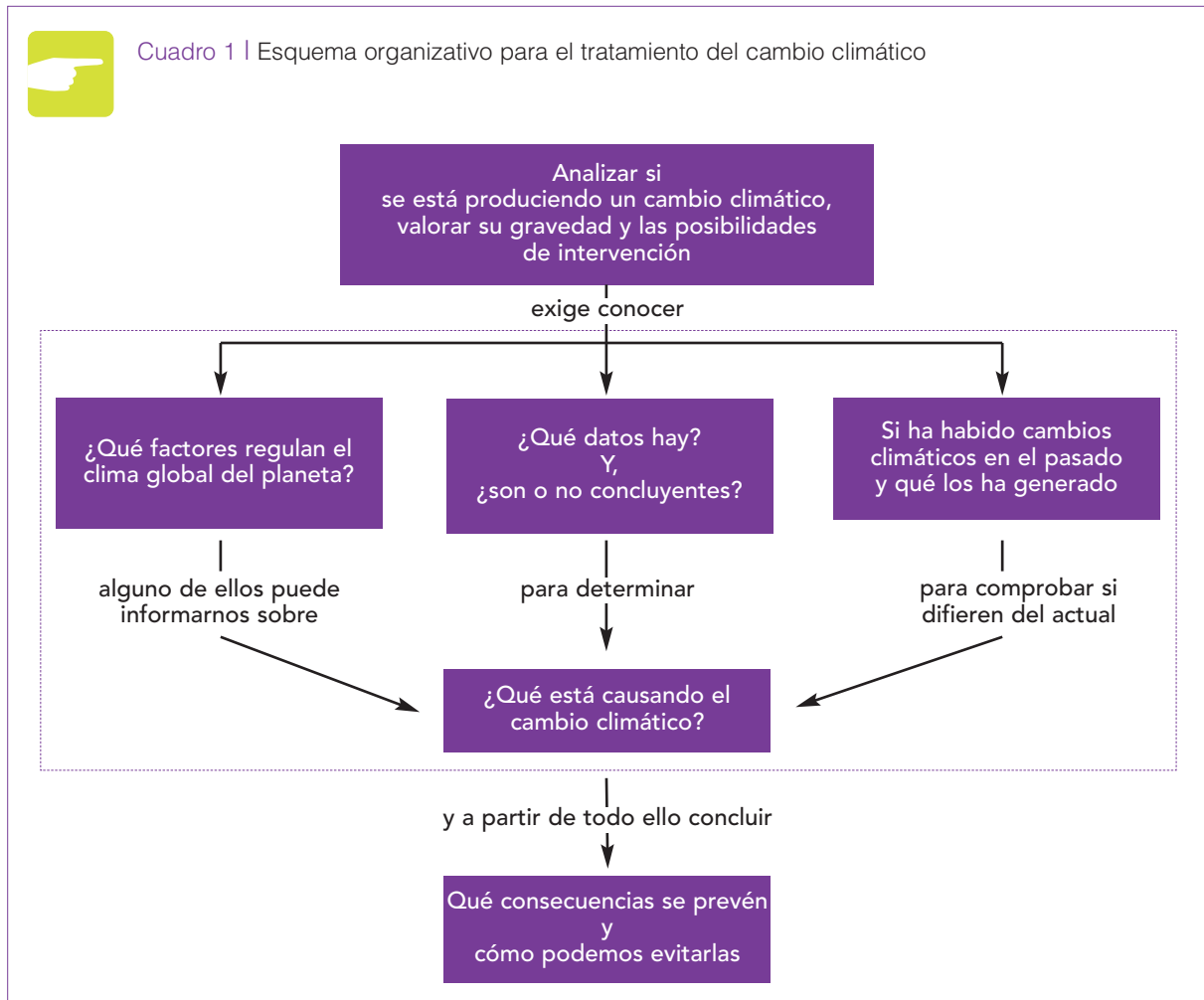
los bachilleratos humanísticos. Entendemos que en un curso como CMC un objetivo central es ayudarles a sentir que pueden abordar problemas relacionados con la ciencia y que eso les proporciona bases más sólidas para enfrentarse a problemas de la vida cotidiana con mayores posibilidades de éxito (*Pedrinaci, 2006*).

- **La secuencia irá de lo más sencillo a lo más complejo**, incrementando progresivamente el número y calidad de relaciones que se establecen entre las variables que intervienen. Se procurará disponer de una perspectiva de conjunto inicial que fije algunos de los “grandes nudos de la malla” que se pretende tejer. A partir de ella se irán alternando, con un “efecto *zoom*”, visiones más reduccionistas con otras más sistémicas, de manera que cada nuevo concepto adquirido se inserte en esa estructura más amplia, la malla, que se irá haciendo más tupida a medida que se incrementan las nuevas relaciones.
- **Se partirá de un esquema interpretativo, a modo de organizador previo**, que proporcione una primera perspectiva de conjunto y establecer relaciones entre los contenidos que van trabajándose. Se pretende disponer de una “hoja de ruta” o mapa que no sólo facilite el trazado del itinerario sino que ayude a situarse dentro de él a medida que se avanza (*cuadro 1*). Conviene que el alumnado participe en su elaboración, de esta forma será mayor el significado que le atribuya y el uso que le dé.





Cuadro 1 | Esquema organizativo para el tratamiento del cambio climático



De los criterios que acaban de enunciarse no se deduce una sola secuencia. Hay diversas posibilidades que pueden resultar igualmente adecuadas pero, en todo caso, son sólo algunas entre las muchas posibles.

En esta propuesta, la secuencia que seguimos trata, aunque no de manera lineal, las cuestiones por el siguiente orden:

1. ¿Qué factores regulan el clima global del planeta?
2. ¿Hay datos que muestren que se está produciendo un cambio climático?
3. ¿Ha habido cambios climáticos en el pasado? ¿Qué los ha generado?
4. ¿Qué está causando el cambio climático actual?
5. ¿Qué consecuencias se prevén?
6. ¿Cómo podemos evitarlas?



Debe considerarse que entre todas estas cuestiones hay interacciones que hacen que el orden no sea lineal ni rígido.

Otra secuencia posible resultaría de intercambiar el orden de las cuestiones 3 y 4, o bien de su integración. También puede hacerse un tratamiento integrado de las cuestiones 5 y 6.

| Programa de actividades y sugerencias para su tratamiento

En función de lo señalado en los apartados anteriores se presenta un programa de actividades con una de las secuencias posibles. La dinámica de la clase puede aconsejar la introducción de ajustes en el itinerario trazado.

En todo caso, se trata de un **programa de actividades abierto que deberá adaptarse a las características del alumnado** de cada aula. Aunque no es posible prever esas características hay, no obstante, un primer nivel de acercamiento que puede predecirse sin demasiado riesgo. Se deriva de que CMC es una asignatura común y, por tanto, será trabajada con estudiantes del bachillerato de ciencias, pero también con los de artes y humanidades. Esta circunstancia se ha tomado en consideración, de manera que **la propuesta que sigue permite una adaptación a una diversidad de perfiles de estudiantes**. Así:

- La mayor parte de las actividades pueden realizarse con varios niveles de profundización. En consecuencia, pueden trabajarse con el alumnado de diferentes bachilleratos y con estudiantes de distinto nivel dentro de la misma aula.
- Se han introducido actividades elementales que, en según qué casos, pueden resultar innecesarias, bastará con saltárselas.
- Se han introducido actividades más complejas pensando en el alumnado de ciencias. Son actividades que conviene realizar siempre que las circunstancias lo permitan pero que, en todo caso, es posible formarse una idea suficientemente clara de la cuestión sin necesidad de hacerlas.

De cualquier forma, aunque se ha pretendido ofrecer una propuesta completa susceptible de ser llevada al aula, obviamente, no es necesario adoptarla íntegramente. Puede tomarse como un “menú” del que cada enseñante elige sólo aquello que le interese.



A.1. Todo lo que querías saber sobre el cambio climático.

K. Dervis y A. Steiner en el Informe sobre el Desarrollo Humano 2007-2008 publicado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) señalan que “Las medidas que tomemos hoy con respecto al cambio climático tendrán consecuencias que perdurarán durante un siglo o más. Los gases que retienen el calor y que enviamos a la atmósfera en 2008

permanecerán allí hasta 2108 y más. Por lo tanto, lo que decidamos hacer hoy no sólo afectará nuestra propia vida, sino aún más la vida de nuestros hijos y nietos.”

Para llamar la atención sobre la urgencia de adoptar decisiones con respecto al cambio climático en una situación que es calificada como de “urgencia planetaria”, 600 personas posaron desnudas en agosto de 2007 sobre un glaciar de Suiza que se halla en retroceso (véase noticia original en: http://www.elpais.com/articulo/revista/agosto/Desnudos/glaciar/suizo/protestar/calentamiento/global/elpepirdv/20070819elpepirdv_24/Tes).

1. ¿Qué se entiende por retroceso glaciar? ¿Podrías indicar qué relación tiene con el cambio climático?
2. Formula todas las preguntas acerca de lo que querrías saber sobre el cambio climático.
3. Además de esas preguntas, ¿hay algunas otras que consideres necesarias para entender si el cambio climático está produciéndose ya, va a ocurrir irremediablemente o, sencillamente, es una posibilidad que tal vez no llegue a concretarse?

C.1 Todos los estudiantes han oído hablar del cambio climático, lo que no significa que tengan una idea clara de en qué consiste, menos aún de las variables que deben analizarse para entender bien de qué estamos hablando. Esta actividad inicial pretende mostrar que la cuestión que se va a tratar es importante y es urgente. Se llama la atención sobre ella y se plantean unas preguntas que deben ayudar a que nos formemos una primera impresión acerca de qué saben los estudiantes sobre el cambio climático.

Dado que las preguntas que formulen (en respuesta a las cuestiones planteadas) vamos a utilizarlas para construir la “hoja de ruta”, o esquema organizativo previo, que deberá servirnos a lo largo de toda la unidad, conviene que la actividad se realice en pequeño grupo, eso incrementa la participación y la riqueza de las respuestas. En todo caso, debemos insistirles en la necesidad de que no olviden ninguna pregunta importante.

Integraremos y seleccionaremos las contribuciones de cada uno de los grupos, englobaremos en un mismo enunciado aquellas preguntas que plantean cuestiones similares, procurando que sea entendido por todos y no genere dudas. Serán las grandes preguntas que van a ser trabajadas.

Cuando se tratan cuestiones, como el cambio climático, en las que no sólo se pretende favorecer unos determinados aprendizajes de conceptos y procedimientos sino también impulsar un cambio actitudinal, es necesario tenerlo permanentemente presente. Ninguna actividad, por sí sola, generará un cambio de actitud pero, quizá, pueda conseguirse entre todas ellas.

Diferentes autores (*Vilches y Gil, 2008*) llaman la atención sobre la importancia de que el tratamiento no se centre en exclusiva en los problemas ambientales o sociales, eso suele provocar en el alumnado indignación pero también desesperanza, lo que conduce a la inactividad. Es necesario transmitir que ¡a pesar de la gravedad del problema todavía estamos a tiempo de intervenir, aunque para ello es necesario empezar ya!



A.2. Organizamos lo que queremos saber.

Queremos hacer un esquema que relacione todas estas preguntas; esquema que más tarde seguiremos para intentar darle respuesta. Para elaborarlo puede serte útil el siguiente procedimiento:

1. Entre las preguntas seleccionadas, valora cuáles de ellas deben ser respondidas con antelación a otras.
2. Escríbelas en el orden en que creas que deben ser tratadas. Si consideras que hay dos o tres que puedan intercambiar su orden ponlas a la misma altura.
3. Piensa en alguna relación que pueda establecerse entre ellas. Ninguna pregunta debe quedar desconectada.
4. Realiza un esquema que relacione con flechas estas grandes preguntas.

C.2 Dependiendo de la experiencia previa que tengan en hacer esquemas similares o mapas conceptuales el resultado se acercará más o menos al que nos gustaría. La dificultad mayor suele residir en conseguir que el esquema sea jerárquico, de manera que permita establecer una secuencia de tratamiento. Por eso se ha desmenuzado el procedimiento de elaboración y conviene insistir en que lo sigan.

No es necesario que el resultado final sea el que tenemos previsto (*cuadro 1*), pero debemos preocuparnos porque ningún aspecto clave sea olvidado o quede desubicado. Puede aprovecharse el esquema elaborado para hacer una reflexión general que facilite su interpretación y ayude a proporcionar una visión de conjunto



A.3. Distancia al Sol y algo más.

¿Por qué hay planetas cálidos y planetas helados? La superficie de la Tierra tiene una temperatura media de unos 15 °C, la de Venus es de 447 °C (suficiente para fundir el plomo) y la de Marte es de -55 °C. De estos datos podría deducirse que la Tierra se encuentra a la distancia adecuada del Sol, mientras que Venus está demasiado cerca y Marte demasiado lejos.

Sin embargo, de acuerdo con su distancia al Sol, la temperatura teórica que tendrían en ausencia de atmósfera es inferior en todos los casos.

	Temperatura real	Temperatura teórica	Atmósfera
Venus	447 °C	155 °C	Muy densa, 96% CO ₂ , 3% N ₂
Tierra	15 °C	-18 °C	Poco densa, 78% N ₂ , 21% O ₂
Marte	-55 °C	-63 °C	Muy tenue, 95% CO ₂ , 3% N ₂

1. Si a la temperatura real le restamos la teórica, obtendremos el valor del efecto invernadero. A partir de los datos de la tabla, calcula el valor del efecto invernadero en Venus, la Tierra y Marte.

2. ¿A qué puede deberse las diferencias existentes entre los valores del efecto invernadero en cada uno de estos planetas?
3. La Luna se encuentra a la misma distancia del Sol que la Tierra pero carece de atmósfera. ¿Cuál será su temperatura teórica? ¿Y su temperatura real?
4. La temperatura real es la media de los valores que se alcanzan en diferentes lugares y a distintas horas del día y de la noche. ¿Las diferencias entre la temperatura del día y la noche serán en la Luna iguales, mayores o menores que en la Tierra? ¿Por qué?



Reserva Eduardo Avaroa (Bolivia).
Fotografía: E. Pedrinaci.



A.4. ¿Por qué no encaja Mercurio?

El planeta más cercano al Sol, Mercurio, tiene una temperatura superficial media de 180 °C, es decir, 267 °C menos que Venus. ¿Cuál puede ser la causa de que su temperatura sea inferior a la de Venus? Busca información que permita comprobar si tu conjetura es o no correcta.

C.3 y 4

Una variable climática fundamental es la temperatura de la superficie terrestre. Como suele pensarse, la temperatura media de la superficie de un planeta viene condicionada por la radiación solar que recibe y ésta depende de su distancia al Sol. La actividad pretende mostrar que no es la única variable que interviene, sino que también la presencia o ausencia de atmósfera y el contenido de ésta desempeñan un papel determinante, sin cuya consideración no es posible explicar los datos reales. La comparación entre Mercurio y Venus deja claro que la temperatura no sólo depende de la proximidad al Sol.



A.5. ¿Qué es el efecto invernadero?

En una actividad anterior se ha calculado el valor del efecto invernadero en la Tierra y en los planetas más cercanos. Pero, ¿qué es el efecto invernadero?, ¿cómo se produce? La figura de la página siguiente muestra un modelo simplificado del efecto invernadero. En ella se representa la distribución de la radiación solar que llega a la zona superior de la atmósfera terrestre. Así, aproximadamente el 30% de esa radiación solar es reflejada por la atmósfera y la superficie terrestre, un 19%, es absorbida por la atmósfera y el 51% restante es absorbida por la superficie terrestre.

1. En cada uno de los rótulos que aparecen añade un número que indique el orden en que debe leerse el proceso descrito. Precisa también el porcentaje de la radiación solar en cada uno de ellos.
2. ¿Qué papel desempeña la atmósfera en este proceso? ¿En qué se parece su efecto al del vidrio o plástico de un invernadero?
3. De no existir atmósfera, ¿qué cambios habría que introducir en este esquema?

4. ¿Cuáles son los gases más abundantes en la atmósfera?
5. ¿A qué se llama gases de efecto invernadero?

C.5

Conviene aclarar que la radiación solar que llega a troposfera es de longitud de onda corta, de la parte visible o casi visible (ultravioleta) del espectro. La superficie terrestre (océanos y continentes) se calienta gracias a esta radiación absorbida y emite radiaciones infrarrojas, parte de ellas son absorbidas por los gases de efecto invernadero y por las nubes, calentándose y reemitiendo estas radiaciones en todas direcciones. Puede ser oportuno subrayar que gracias al efecto invernadero natural nuestro planeta goza de una temperatura media ideal para la vida. Lo que está generando problemas es el incremento de este efecto invernadero de origen antropogénico.

En el gráfico aparecen los “gases de efecto invernadero”. Conviene aclarar que los dos componentes mayoritarios del aire limpio y seco (nitrógeno 78% y oxígeno 21%) apenas ejercen efecto invernadero. El vapor de agua es el gas de efecto invernadero más importante, y el dióxido de carbono, el segundo; a ambos les siguen el metano, óxido nítrico, ozono y otros.



Modelo simplificado de efecto invernadero. Fuente: IPCC 2007.

**A.6. Lo que se refleja no se absorbe.**

Llamamos albedo a la parte de la radiación solar que es reflejada por la atmósfera (nubes y partículas de polvo) y la superficie terrestre (océanos, continentes, hielo, vegetación). Su valor medio es, aproximadamente, el 30% del total de radiaciones solares recibidas. Pero no todas las superficies tienen el mismo albedo, cuando más clara es una superficie mayor albedo tiene. Así, el hielo y la nieve reflejan la mayoría de las radiaciones solares recibidas.



Salar de Uyuni (Bolivia). Fotografía: E. Pedrinaci.

1. Las partículas pequeñas que se encuentran en suspensión en la atmósfera se denominan aerosoles. ¿Conoces algún proceso natural que incremente los aerosoles? ¿Y alguna actividad humana?
2. ¿Qué efecto tendrá en el albedo el incremento de aerosoles? ¿Y en la temperatura?
3. Ordena de mayor a menor albedo las siguientes superficies: océano, hielo, desierto.
4. Si disminuye la cubierta de hielo en nuestro planeta, ¿qué ocurrirá con el albedo? ¿Qué efecto tendrá esto en la temperatura?

C.6 Por el momento, se están presentando las principales variables que intervienen en la temperatura media del planeta. Ahora sólo pretende mostrarse la importancia del albedo y cómo puede verse afectado por la presencia de aerosoles de origen natural (causados, por ejemplo, por el viento o por las erupciones volcánicas) y de origen antropogénico (por ejemplo, el hollín producido por la quema de bosques y rastrojos) o por un cambio en el tipo de superficie. La presentación del proceso de deshielo como un bucle de retroalimentación se trabaja más adelante, pero la situación de aula puede aconsejar abordarlo ya.



A.7. Un invernadero para experimentar.

Un frasco de vidrio dentro de una botella de plástico transparente proporciona un modelo sencillo de invernadero con el que poder experimentar. Haremos tres montajes idénticos. Cada uno de ellos consta de una botella de agua mineral, cortada e invertida; dentro hay un frasco (como los de mermelada) sin tapadera que ocupa la mitad del volumen y en el espacio entre el frasco y la botella hay un termómetro. La única diferencia entre los tres montajes será que el primer frasco está lleno de arena, el segundo de agua y el tercero está cubierto completamente de papel de aluminio. Colocaremos también un termómetro externo y mantendremos todo el montaje durante un tiempo al sol (por ejemplo una hora).

1. ¿Qué se pretende comprobar llenando un frasco de arena, otro de agua y cubriendo con papel de aluminio el tercero?
2. ¿Por qué se ha puesto también un termómetro en el exterior? ¿Crees que podría ser útil colocar algún otro termómetro? ¿En dónde y para qué?
3. Inicialmente la temperatura en todos los invernaderos es la misma. Pronostica la evolución que seguirá la temperatura en cada invernadero. Justifica la respuesta.
4. ¿Qué ocurriría en cada caso si la botella se cubre de papel de aluminio? ¿Y si se pinta de negro?
5. Realiza la experiencia y comprueba si tus hipótesis son correctas.

C.7 Siempre que sea posible, deben ser los estudiantes quienes diseñen la experiencia que se realice, de manera que, dependiendo de su experiencia previa, puede plantearseles lo que queremos saber y pedirles que diseñen la experiencia; o puede ofrecérseles la oportunidad de participar en su diseño, de manera que su elaboración sea una actividad compartida. En todo caso, lo fundamental, lo que resulta imprescindible, es que entiendan el sentido del montaje que se realiza, que comprendan por qué se hace lo que está proponiéndose. A esto

se refieren las dos primeras cuestiones y sólo si se tiene claro el sentido del montaje se está en condiciones de interpretar los resultados de la experiencia. Las otras cuestiones proponen la formulación de hipótesis y su contrastación.



A.8. Una cinta que redistribuye el calor.

La esfericidad de la Tierra hace que radiación solar recibida (y la absorbida) en las zonas cercanas al Ecuador sea muy superior a la recibida en latitudes cercanas a los polos, lo que genera grandes diferencias de temperatura. Las corrientes marinas, también los vientos, contribuyen a reducir esas diferencias. La circulación termohalina es una corriente oceánica causada por diferencias de temperatura y densidad de las aguas, que conecta todos los océanos y constituye una gran cinta transportadora de calor.



Corriente termohalina. Fuente: NASA.

1. Se ha dicho que la radiación solar recibida en la zona ecuatorial es muy superior a la recibida en la zona polar. ¿Y el albedo, dónde será mayor? ¿Esta circunstancia compensará o acentuará las diferencias de temperatura?
2. Describe la trayectoria seguida por la corriente termohalina. Considera que la franja de color azul claro representa la corriente superficial, mientras que la oscura señala la corriente profunda.
3. Al llegar al Atlántico Norte la corriente superficial se hunde. ¿Cuál puede ser la causa de este hundimiento?
4. ¿Por qué se dice que la corriente termohalina redistribuye el calor en los océanos?

C.8 La corriente termohalina tiene una importancia crucial en el clima del planeta. La fusión del hielo puede reducir la salinidad marina, lo que se traduciría en una ralentización o colapso de esta corriente. Si se eliminase la circulación termohalina, la temperatura descendería unos 7 °C en las latitudes altas del Hemisferio Norte, mientras que subiría unos 2 °C en el hemisferio sur. El circuito de la corriente termohalina por todos los océanos se completa en unos mil años y aún existen muchas dudas acerca de los detalles del proceso.



A.9. Glaciares que retroceden.

Cada año se incrementan los datos aportados por los científicos que nos dicen que el cambio climático ya está aquí. Así, en las últimas décadas se está produciendo un retroceso general de los glaciares de montaña, especialmente en los del hemisferio norte.



Glaciar Muir (Alaska). Fuente: United States Geological Survey (USGS).

1. Estas dos fotografías son del glaciar Muir (Alaska). La de la izquierda fue tomada en agosto de 1941, la de la derecha también en agosto pero de 2004. Además del evidente retroceso glaciar, ¿qué otros cambios se observan?
2. ¿En qué lugar del esquema organizativo previo (A.2) ubicarías esta actividad?

C.9 Con frecuencia los estudiantes pasan de una actividad a otra sin saber muy bien qué están haciendo ni en qué momento del plan de trabajo se encuentran. La función del esquema organizador previo, como dijimos, no es sólo mostrar inicialmente una panorámica general, sino proporcionar una hoja de ruta que les ayude a ubicarse en cada momento. Es conveniente, por tanto, ir haciendo periódicamente algunas llamadas del tipo de la realizada en la cuestión A.9-2, por ejemplo, cada vez que se pase de una parte del esquema a otra. Así, las primeras cuestiones tenían que ver con ¿qué factores regulan el clima del planeta?, sin embargo, ahora pasamos a ver qué datos hay sobre si se está produciendo, o no, un cambio climático.



A.10. También el mar helado retrocede.

El proceso de deshielo se ha acelerado en los últimos años y está afectando también a la capa helada que cubre el océano Ártico. Durante el verano, el área cubierta de hielo en el Ártico se ha reducido un 14% pero su grosor lo ha hecho un 40%. El IPCC destaca otros indicadores del cambio climático que apuntan en la misma dirección que el retroceso glaciar, como el retraso en las primeras heladas de otoño y el adelanto en el deshielo de muchos lagos del hemisferio norte.

1. A continuación se ofrecen dos informaciones de prensa, la primera es de mayo de 2006. Léela y resume los datos que consideres más relevantes.
2. En esa noticia se habla de que el deshielo ártico abre la posibilidad de establecer nuevas rutas en barco o explotar yacimientos de petróleo de la zona. ¿Consideras que la segunda noticia (septiembre de 2007) confirma el pronóstico realizado? ¿Qué tipo de conflictos pueden deducirse de lo mostrado en la segunda noticia?
3. La información proporciona también una gráfica con la evolución de la cubierta de hielo en el Ártico. ¿Cómo ha sido esta evolución durante el período reflejado en ella?



RAFAEL MÉNDEZ • *El País*, Madrid, 18 de mayo de 2006

El Ártico pierde 300.000 kilómetros cuadrados de hielo en sólo un año

Un estudio por satélite calcula que en 2070 no habrá cubierta sólida flotante en verano

Los científicos dicen que el océano Ártico es al clima lo que el canario a la mina: conviene ver cómo le va, porque es extremadamente sensible a los cambios de temperatura. Y le va mal. En marzo

de 2006 los satélites de la NASA han medido 300.000 kilómetros menos de hielo que en 2005 (el 60% de España). La pérdida de hielo, sostenida desde que en 1979 comenzaron las mediciones, no hace

más que acelerarse, y la previsión moderada dice que en 2070 no habrá hielo flotante en verano. La pesimista habla de 2030, algo que permitiría abrir nuevas rutas comerciales por el mar.

En marzo de 1979, los satélites constataron una superficie helada de 16,5 millones de kilómetros cuadrados de hielo (32 veces España) en el Ártico. En 2005 había 14,8 millones y este marzo, 14,5 millones. El mínimo de este año supone un 12% menos que en 1979 y un 2% menos que en 2005. Los satélites miden el hielo flotante, no el que hay sobre Groenlandia o en los países que tocan el Círculo Polar Ártico.

“Tenemos los ojos como platos. En marzo de 2006 hemos visto 300.000 kilómetros menos de hielo flotante que en marzo de 2005. Es el peor dato desde que en 1979 comenzamos las mediciones con satélite, pero es que se está acelerando cada año”, explica a EL PAÍS Mark Serreze, del centro nacional para el estudio del hielo de EE UU, situado en la Universidad de Colorado.

El hielo en el Ártico varía con la temporada. En verano se funde parte, en septiembre se alcanza el mínimo, con el invierno comienza a crecer hasta que en marzo llega al máximo y a partir de ahí comienza a descender en un nuevo ciclo.

Círculo vicioso

“Hasta ahora veíamos descensos acusados en septiembre pero luego parecía recuperarse”, añade Serreze. Ya no. Los científicos creen que el Ártico ha entrado en un círculo vicioso e imparable y de una lógica aplastante: al fundirse el hielo en verano aumenta la superficie de agua; esta agua es oscura y absorbe más radiación solar que el hielo, que refleja gran parte; al absorber más radiación se calienta más el Ártico y se funde más hielo, con lo que aumenta la superficie de agua capaz de absorber la radiación y así hasta el infinito.

Por eso las previsiones se quedan antiguas cada año. “En septiembre dimos un ritmo de deshielo del 8% cada década, pero es posible que tengamos que revisarla al alza”, explica Serreze.

Serreze explica que las previsiones actuales calculaban que el Ártico podía quedar libre de hielo en verano a partir de 2070, pero matiza: “Hay nuevos estudios que señalan que puede producirse antes, incluso en 2030. La diferencia está en que unos cálculos utilizan el calentamiento de la atmósfera y otros también el impacto del calentamiento de los océanos, y parece que eso puede aumentar la velocidad de deshielo”.

Este deshielo casi completo abre enormes posibilidades, como nuevas rutas marítimas o explotar nuevas bolsas de petróleo y gas hasta ahora inalcanzables.

Efecto invernadero

Todas las zonas del planeta sufren variaciones del clima de forma natural pero, según Serreze, el caso del Ártico apunta al calentamiento global inducido por la emisión de gases de efecto invernadero. Estos gases, principalmente el dióxido de carbono que se produce al quemar combustibles fósiles como el petróleo, se acumulan en la atmósfera y dificultan la salida del calor que emite la Tierra en forma de radiación.

“El Ecuador y los Trópicos son los emisores de calor de la Tierra. El Ártico es el sumidero. Al alterarlos, alteramos todo el clima”, añade el investigador. El Ártico es la zona en la que más aumentos de temperatura se están registrando, con temperaturas en 2005



sigue>

>continúa

más de 2,5 grados superiores a la media. Este deshielo no afecta al nivel del mar. Al igual que al fundirse un cubito, el agua no rebosa el vaso.

El aumento del nivel del mar se produce si sube la temperatura del agua, que se expande, o si se funde hielo de los glaciares

porque no está en contacto con el mar. En ese caso, la preocupación es Groenlandia, con una superficie helada como México. Allí, la pérdida de hielo ha pasado de 50 kilómetros cúbicos por año en 1996 a 150 kilómetros cúbicos anuales en 2005, 150 veces el derogado trasvase del Ebro. Casi nada.



RAFAEL MÉNDEZ • *El País*, Madrid, 30 de septiembre de 2007



C.10 Con independencia de lo que se señale en las noticias de prensa, conviene tener claro lo que el IPCC considera probado. Así, el informe del IPCC 2007, “Base de ciencia física”, página 86, resume en estos términos lo que considera hallazgos sólidos:

- “La cantidad de hielo sobre la Tierra disminuye. A partir de finales del siglo XIX se ha producido una masiva retirada de los glaciares de montaña. La tasa de pérdida de masa de los glaciares y del manto de hielo de Groenlandia aumenta.

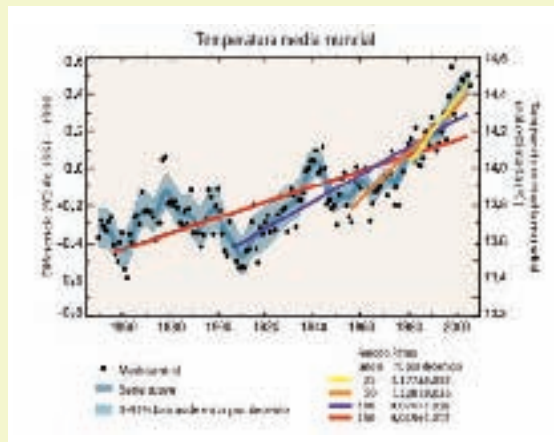
- Ha disminuido la extensión de la capa de nieve en el HN. Disminuyó la duración del hielo estacional en ríos y lagos en los últimos 150 años.
- Desde 1978, ha disminuido la extensión media anual del hielo marino ártico y la extensión mínima de hielo marino ártico de verano.
- Durante la década de los noventa el hielo en la Península Antártica y en el hielo de la plataforma Amundsen se hicieron más finos. Los glaciares tributarios se han acelerado y en 2002 se produjo la disolución completa de la plataforma de hielo Larsen B.
- Ha aumentado la temperatura en la superficie de la capa de permafrost a 3 °C desde la década de los ochenta en el Ártico.
- Ha disminuido la extensión máxima de terreno congelado estacionalmente en, aproximadamente, un 7% en el HN desde 1900. Además, disminuyó su profundidad máxima en aproximadamente 0,3 m en Eurasia desde mediados del siglo XX.”



A.11. Analiza la gráfica.

El IPCC 2007 señala que “De los últimos 12 años (1995 a 2006) 11 de ellos, exceptuando 1996, se clasifican entre los 12 años más cálidos registrados desde 1850”. La gráfica muestra la temperatura media anual entre 1850 y 2006 y es algo más compleja de las habituales. Veamos algunas aclaraciones que pueden ayudarte a leerla:

- En el eje abscisas (horizontal) figuran los años.
- En el eje de ordenadas aparecen dos referencias. A la derecha figura el valor de la temperatura media mundial. A la izquierda se ha tomado como valor de referencia la temperatura media en el periodo 1961-1990 y se ha marcado con 0,0; todas las demás temperaturas se refieren a ella, valores positivos hacia arriba y negativos hacia abajo.
- Los puntos negros marcan las temperaturas medias anuales medidas.
- El trazo grueso azul muestra variaciones decenales.
- El trazo gris marca el margen de error que pueden tener los valores decenales.
- La línea roja representa la tendencia lineal en todo este periodo. Es una forma de mostrar de manera más simplificada y visible la tendencia.
- Las otras líneas de trazo recto marcan también tendencias lineales en periodos más cortos y cercanos: morada (100 últimos años), naranja (50 últimos años) y amarilla (25 últimos años).



Evolución de la temperatura media anual entre 1850 y 2006. Fuente: IPCC 2007.

1. ¿Cuánto han aumentado las temperaturas en los últimos 100 años?
2. La gráfica muestra dos periodos de 30 años con fuerte incremento, ¿cuáles son?
3. Traza la tendencia lineal de los últimos 10 años. ¿Cuál ha sido la década más cálida de todo el periodo registrado?
4. ¿Qué conclusiones generales pueden sacarse de esta gráfica?

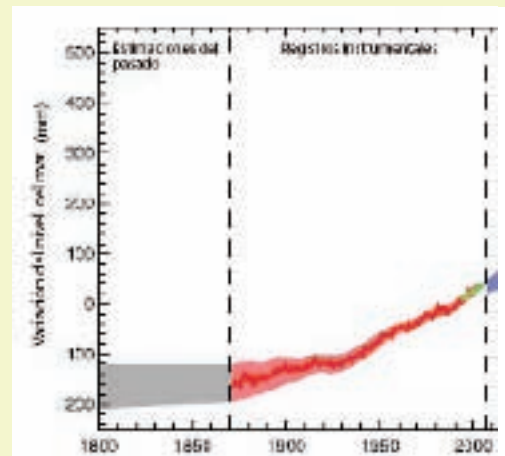
C.11 En una materia como las CMC la interpretación de gráficas tiene una importancia crucial y suelen ser frecuentes los estudiantes que tienen serias dificultades para entenderlas o, en todo caso, hacen unas interpretaciones muy pobres. La abundancia de gráficas en esta unidad proporciona buenas ocasiones para conseguir que adquieran estos aprendizajes. La gráfica de esta actividad seguramente resultará demasiado compleja para los estudiantes de los bachilleratos de humanidades, en ese caso sería aconsejable desdoblarse esta actividad. Puede proponerse una primera gráfica en la que sólo figure la media decenal y en ordenadas sólo figure un tipo de datos, la temperatura media. La aquí ofrecida se plantearía en segundo lugar.



A.12. ¿Está subiendo el nivel del mar?

La gráfica muestra la variación del nivel del mar. No hay mediciones mundiales anteriores a 1870. El sombreado gris muestra los intervalos de incertidumbre hasta esa fecha. La curva roja reconstruye el nivel medio mundial registrado y el sombreado del mismo color señala el grado de incertidumbre existente. En las fechas más recientes, se han podido hacer mediciones con satélite con un mayor grado de precisión (tramo verde).

1. El sombreado rojo de la gráfica va reduciéndose desde 1870 hasta la actualidad. ¿Cómo interpretas este hecho?
2. ¿Qué incremento del nivel del mar se ha producido desde 1950?



Evolución del nivel del mar en los dos últimos siglos. Fuente: IPCC 2007.



A.13. ¿Por qué sube el nivel del mar?

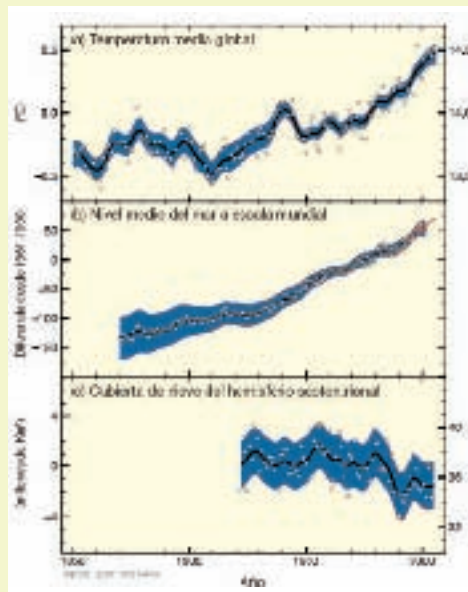
Hemos visto que la temperatura está subiendo y que también lo hace el nivel del mar, mientras que está bajando la cubierta de nieve y hielo en el planeta. ¿Existe alguna relación entre estos cambios? Para llegar a conclusiones de este tipo, los científicos realizan análisis comparativos (correlaciones) de todos estos datos.

El cuadro muestra las gráficas con la evolución de estas tres variables. Como en ocasiones anteriores, los círculos representan los valores anuales tomados, los trazos gruesos negros son los valores promedio por decenio, y las zonas sombreadas, los márgenes de incertidumbre.

1. Imagina un vaso de plástico que contiene agua. El nivel del agua puede cambiar porque modifiquemos la forma del recipiente (por ejemplo, apretándolo o empujando para que suba su fondo). ¿Conoces algún proceso geológico que modifique la forma de las cuencas oceánicas?
2. También puede cambiar el nivel del agua en el vaso de plástico porque echemos más agua. ¿Hay algún proceso natural que incremente la aportación de agua al océano? ¿Está produciéndose en los últimos años?
3. ¿Hay alguna otra forma de que suba el nivel del agua en el recipiente sin que se cambie su forma ni se suministre más agua?
4. ¿Qué conclusiones podrían obtenerse para el caso de la subida del nivel del mar? ¿Cuáles dirías que son las causas que lo están generando?

C.12 y 13

En estas dos actividades presentamos un nuevo dato que nos habla sobre el cambio climático, el ascenso del nivel del mar. Pero damos un paso más y establecemos relaciones de causa-efecto con otras dos variables estudiadas anteriormente de manera aislada, la temperatura y el deshielo.



Evolución de la temperatura media anual del nivel del mar y la cubierta de nieve en el hemisferio norte. Fuente: IPCC 2007.

Los procesos geológicos que pueden modificar la forma y dimensiones de las cuencas oceánicas (por ejemplo, la apertura y cierre de océanos, la formación de una dorsal oceánica, etc.) son procesos que actúan a escala de millones de años. En consecuencia, poca influencia pueden tener en la elevación del nivel del mar que está ocurriendo en las últimas décadas. Sin embargo, han desempeñado un papel clave en cambios del pasado, de manera que conviene tenerlos en cuenta y no parece necesario esperar en este caso a que estemos trabajando el punto 3 de nuestra secuencia (cambios climáticos del pasado). El IPCC considera que la fusión del hielo terrestre y la expansión térmica de agua oceánica se reparten casi a partes iguales el incremento del nivel del mar entre 1993 y 2003. Más dudas existen, sin embargo, para periodos anteriores.

Dado que un iceberg flota en el mar, es frecuente que los estudiantes consideren que

la fusión de este hielo, o el de la banquisa, incrementa el volumen de agua. En ese caso, puede pedírseles que diseñen una experiencia para comprobarlo y que la comparen con otra en la que el hielo se sitúa sobre una superficie sólida (a modo de continente) en el que, efectivamente, sí se incrementará el volumen de agua.



A.14. Un clima enloquecido.

Los periodos de sequía, las inundaciones, las olas de calor o los ciclones forman parte de la dinámica climática habitual, de manera que la ocurrencia aislada de alguno de estos fenómenos, por intenso que sea, no debe ser interpretado como indicio de cambio climático, mucho menos como prueba.

Sin embargo, desde 1950 se ha incrementado la frecuencia e intensidad de estos fenómenos meteorológicos extremos, circunstancia que sí debe tomarse como indicador de cambio climático.

1. Busca información sobre fenómenos climáticos extremos ocurridos en los últimos años.
2. Valora si en la información que hayas encontrado se hace una generalización simplista de la ocurrencia de un fenómeno meteorológico extremo y si se utiliza como “prueba” del cambio climático.
3. ¿Qué diferencia hay entre estado del tiempo y clima?



Grietas de desecación (Namibia). Fotografía: E. Pedrinaci.

- C.14** Una de las generalizaciones simplistas y acríticas que aparecen con frecuencia en los medios de comunicación son aquellas que pretenden ver en cada huracán, en cada ola de calor, o en cada inundación “una prueba” concluyente del cambio climático. Conviene llamar la atención sobre este asunto que también está relacionado con la confusión entre tiempo meteorológico y clima. El siguiente texto indica lo que el IPCC 2007 mantiene al respecto.



IPCC 2007

“Desde 1950, las olas de calor han aumentado y se han generalizado e incrementado las cantidades de noches cálidas. También hay más regiones afectadas por sequías pues la precipitación sobre tierra ha disminuido relativamente mientras que la evaporación ha aumentado debido a condiciones más cálidas. En general, ha aumentado la cantidad de episodios de precipitación intensa diaria que

llevan a inundaciones, pero no en todas partes. La frecuencia de tormentas tropicales y huracanes varía anualmente pero hay pruebas que sugieren incrementos sustanciales en cuanto a la intensidad y duración desde 1970 (...)

En los últimos 50 años ha habido una disminución significativa anual de noches frías y un incremento notable anual de

sigue>

>continúa

noches cálidas (*figura 1*) en las zonas utilizadas para las muestras. La disminución en cuanto a la cantidad de días fríos, y el aumento de los días cálidos, aunque más generalizados, son por lo general menos marcados. En los últimos 50 años, la distribución de las temperaturas mínimas y máximas no sólo ha alcanzado valores superiores, acorde con el calentamiento general, sino que también los extremos fríos han visto mayores incrementos de temperatura que los extremos cálidos (*figura 1*). Una mayor cantidad de sucesos extremos cálidos implica un incremento de la frecuencia de las olas de calor. Prueba de ello también es la tendencia observada hacia menos días helados, asociados al calentamiento promedio en la mayoría de las regiones de latitudes medias.

Una indicación importante de los cambios en los extremos es la evidencia observada en los incrementos de episodios de precipitación intensa en las latitudes medias en los últimos 50 años, aun en lugares donde no ha aumentado la precipitación media (*véase también PF 3.2*). Se han reportado también tendencias

ascendentes de episodios de precipitación muy intensa, pero sólo hay resultados de ello en muy pocas zonas. Por su larga duración, las sequías resultan más fáciles de medir. Si bien existen numerosos índices y mediciones de la sequía, muchos estudios utilizan los total es mensuales de precipitación y los promedios de temperatura combinados con un sistema de medición denominado Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI). El PDSI calculado desde mediados del siglo XX muestra una tendencia a la sequía en muchas zonas terrestres del hemisferio norte desde mediados del decenio de 1950, con una sequía generalizada en la mayor parte de Eurasia meridional, África septentrional, Canadá y Alaska (*PF 3.2, Figura 1*), y una tendencia contraria en la parte oriental de América del Norte y del Sur (...)

Los cambios en la frecuencia e intensidad de tormentas tropicales y huracanes se encubren con una gran variabilidad natural.”




A.15. Los seres vivos se ven afectados por el cambio climático.

“Hay dos aspectos simples pero cruciales que deben considerarse al abordar el cambio global y los ecosistemas: a) cada especie se ve afectada de forma diferente por una misma intensidad de cambio ambiental; b) las especies que componen un ecosistema interaccionan entre sí de forma que existe un complejo entramado de relaciones que van desde la dependencia a la competencia pasando por la simbiosis o facilitación mutua de la existencia, como en el caso de los polinizadores. El cambio global opera sobre las especies pero afecta a la intensidad y naturaleza de las interacciones entre ellas. Algo tan simple como la alteración de la fenología, o ritmos estacionales de las plantas y animales como consecuencia de cambios en el clima, hace que se pierdan muchas sincronizaciones entre especies, de forma que una planta puede no encontrar a tiempo al polinizador o dispersor de sus frutos si adelanta su ciclo con el calentamiento, o muchos animales pueden no encontrar su alimento...”



Portada del libro *Cambio global*. C. Duarte (coord.). Fuente: CSIC.

1. ¿A qué se refiere el autor cuando habla de “cambio global”? ¿Sería sustituible por cambio climático?
2. ¿Conoces algún ave que esté cambiando sus fechas de migración?
3. Como ocurre con las especies, ¿crees que cada región puede verse afectada de forma diferente por el cambio climático? ¿Por qué?
4. Resume los indicadores del cambio climático trabajados hasta el momento.

C.15 Es muy recomendable la lectura de este libro coordinado por Carlos Duarte y publicado por el CSIC que está disponible en  <http://www.csic.es/coleccionDivulgacion.do>. De él extraemos la siguiente información que puede servir de apoyo a esta actividad:



CARLOS DUARTE • *Cambio global*

“El cambio climático ha afectado a los ecosistemas terrestres europeos principalmente en relación a la fenología (ritmos estacionales de los ciclos vitales de las especies) y a la distribución de las especies animales y vegetales. Numerosas especies vegetales han adelantado la producción de hojas, flores y frutos, y un buen número de insectos han sido observados en fechas más tempranas (EEA, 2004). El calentamiento global ha incrementado en 10 días la duración promedio de la estación de crecimiento entre 1962 y 1995. En apoyo de esta tendencia, la medida del verdor de los ecosistemas mediante imágenes de satélite (una estimación comprobada de la productividad vegetal), ha incrementado en un 12% durante este periodo. No obstante, hay que precisar que este incremento en la duración de la estación de crecimiento no implicaría un incremento real del crecimiento y productividad en los

ecosistemas mediterráneos, ya que el calentamiento iría aparejado de una menor disponibilidad de agua (Valladares *et al.*, 2004) y un aumento de las pérdidas por respiración. La migración de diversas especies vegetales termófilas hacia el norte de Europa ha incrementado la biodiversidad en estas zonas, pero la biodiversidad ha disminuido o no ha variado en el resto del continente. La combinación de calentamiento global y cambios de uso ha dado lugar al ascenso bien documentado en altitud de hayedos en el Montseny y arbustos y mariposas en la sierra de Guadarrama (Valladares, 2006). Muchas especies endémicas de alta montaña se encuentran amenazadas por la migración altitudinal de arbustos y especies más competitivos propios de zonas bajas y por el hecho de que las temperaturas previstas para las próximas décadas están fuera de sus márgenes de tolerancia.”

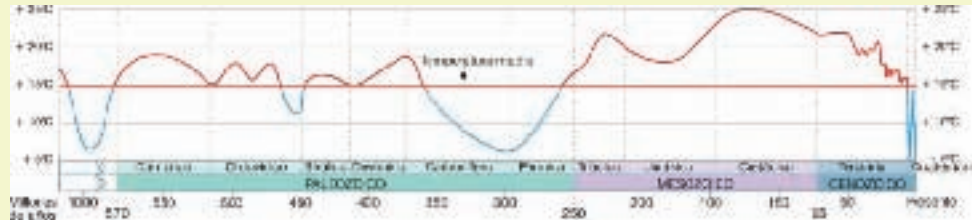


A.16. ¿Ha cambiado el clima en el pasado?

El clima terrestre ha experimentado grandes cambios en el pasado, de manera que han alternado periodos cálidos con otros más fríos. La gráfica representa las temperaturas medias de la superficie terrestre en los últimos 600 M.a.

1. En los últimos 600 M.a., ¿ha habido más tiempo con temperaturas por encima o por debajo de las actuales?
2. El Cuaternario es, globalmente, un periodo glacial. ¿Qué otros periodos glaciales ha habido?

3. ¿Cuál ha sido el periodo más cálido de los representados en la gráfica?
4. ¿En qué periodo terrestre cabe esperar que el nivel del mar estuviese más alto?
5. ¿Dirías que los cambios de clima han sido la norma o la excepción en la historia de la Tierra?
6. ¿En qué lugar del esquema organizativo previo (A.2) ubicarías esta actividad?



Temperaturas medias de la superficie terrestre en los últimos 1000 M.a. Fuente: W. J. Burroughs, 2002.

C.16 La especie humana es una recién llegada a la Tierra. Y si se quiere saber cuál es la responsabilidad de la intervención humana en el actual cambio climático es necesario tener una idea de cómo funciona este sistema y cómo lo ha hecho sin la especie humana. Sólo desde ahí podemos establecer las diferencias con la situación actual. La cuestión 6 pretende, como en ocasiones anteriores, ayudar a que se ubiquen dentro de la dinámica general de trabajo que venimos siguiendo.

En ocasiones se comenta que puede resultar contraproducente estudiar los cambios climáticos del pasado, en la medida en que pueden proporcionar una coartada para el cambio actual, favoreciéndose así la inhibición. Sin embargo, el análisis que se realice debe estar fundado, y cuanto más y mejor sea esta fundación, más sólidas serán las conclusiones. Lo que puede ser contraproducente es un enfoque sesgado. Por otra parte, los datos disponibles acerca del origen antropogénico del cambio climático actual son abrumadores, y el ritmo de este cambio supera cualquier comparación con procesos anteriores.



A.17. Burbujas de aire atrapadas en el hielo.

Durante los últimos 650.000 años, el hielo se ha ido acumulando en la Antártida. Lo ha hecho capa sobre capa, de manera que se encuentra ordenado por edades, abajo el más antiguo, arriba el más moderno. Se ha formado por compactación de la nieve y aún encierra pequeñas burbujas del aire que contenía aquella nieve. Es un “aire fósil” que nos muestra la composición de la atmósfera en el momento en que se produjo la nevada. Así, los científicos pueden ver si ha cambiado la proporción de oxígeno o de dióxido de carbono. Por otra parte, estudian la presencia de ciertos isótopos, como el ^{18}O y el ^{16}O , cuya proporción cambia con la temperatura, de manera que constituyen unos excelentes termómetros.

Busca información sobre los procedimientos utilizados para obtener este hielo fósil en la Antártida y en Groenlandia. Por ejemplo:

- Observatorio de la Tierra (NASA): [@ http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Paleoclimatology_Ice-Cores/](http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Paleoclimatology_Ice-Cores/)
- National Oceanic and Atmospheric Administration, USA: [@ http://www.arctic.noaa.gov](http://www.arctic.noaa.gov)

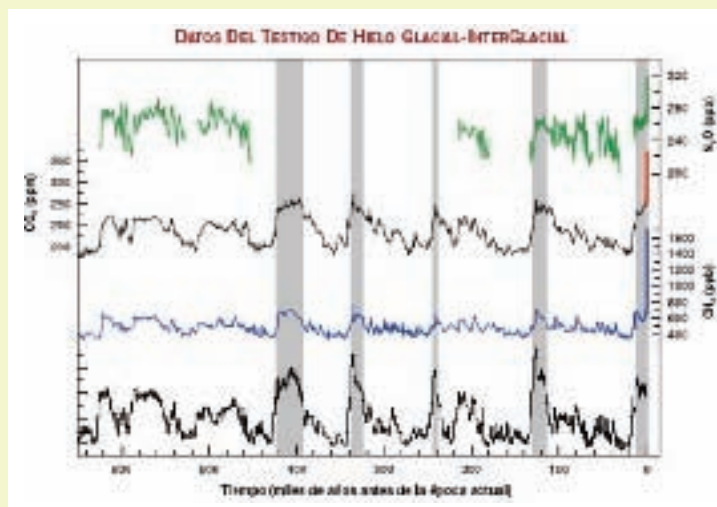


A.18. Cambios en la composición atmosférica.

En la composición actual de la atmósfera predominan el nitrógeno (78%) y el oxígeno (21%), el siguiente en abundancia es el argón (0,93%). Los demás componentes se encuentran en proporciones muy pequeñas, de manera que su presencia no suele expresarse en tantos por ciento sino en partes por millón (ppm) o en partes por miles de millones (ppb). Así, el contenido en CO_2 del aire actualmente es de 380 ppm, e indica la cantidad de moléculas de este gas por cada millón de moléculas de aire.

La gráfica muestra, de arriba abajo, los datos obtenidos del hielo glaciar sobre el contenido en N_2O , CO_2 , CH_4 , y un indicador de la temperatura en los últimos 650.000 años (0 es el momento actual).

1. ¿Entre qué valores ha venido oscilando la concentración de CO_2 en los últimos 650.000, exceptuando los últimos 100 (en color rojo en la gráfica)?
2. ¿Hay alguna relación entre los cambios en el contenido en CO_2 y las variaciones de temperatura?



Evolución del contenido en testigos de hielo de N_2O , CO_2 , CH_4 y deuterio (un indicador de la temperatura) en los últimos 650.000 años. Fuente: IPCC 2007.

C.17 y 18 El texto siguiente guarda relación con las cuestiones tratadas en estas dos actividades.



IPCC 2007

“La razón principal para la preocupación actual sobre el cambio climático es el aumento de la concentración de dióxido de carbono atmosférico (y otros gases de efecto invernadero), que resulta muy inusual para el Cuaternario (los dos últimos millones de años aproximadamente). La concentración de CO₂ se conoce con precisión desde hace 650.000 años a partir de las muestras de hielo tomadas. Durante este tiempo, la concentración de CO₂ varió de un mínimo de 180 ppm durante los periodos glaciares fríos y un máximo de 300 ppm durante las épocas interglaciares cálidas. En el siglo pasado se incrementó rápidamente por encima de este rango, y ahora es de 379 ppm. A fin de establecer una comparación, el aumento de unos 80 ppm en la concentración de CO₂ al final de los periodos glaciares anteriores tardó por lo general más de 5.000 años. Valores más altos que los actuales se registraron solamente hace muchos millones de años.

La temperatura es una variable más difícil de reconstruir que el CO₂ (gas bien mezclado mundialmente), pues no tiene el mismo valor en todo el mundo, por lo que un registro sólo (por ejemplo, una muestra de hielo) tiene un valor limitado. Las fluctuaciones locales de temperatura, aun las que tuvieron lugar hace apenas algunos decenios, pueden ser de varios grados Celsius, por encima de la señal de calentamiento mundial del siglo pasado que fue de 0,7 °C.

Más significativo respecto de los cambios mundiales es un análisis de los promedios (mundiales o hemisféricos) a gran escala, donde gran parte de las variaciones locales se promedian y la variabilidad es menor. Una cobertura suficiente de los registros

instrumentales solamente cubre los últimos 150 años. Antes de eso, las recopilaciones de datos representativos a partir de los anillos de crecimiento de los árboles, las muestras de hielo, etc., abarcan más de mil años con una cobertura espacial decreciente de los periodos anteriores. Si bien existen diferencias entre esas reconstrucciones y persisten las incertidumbres significativas, todas las reconstrucciones publicadas indican que las temperaturas fueron cálidas durante el Medioevo, se enfriaron a valores bajos durante los siglos XVII, XVIII y XIX y se volvieron a calentar rápidamente después. El nivel de calentamiento de la época medieval es incierto, pero es posible que se haya alcanzado a mediados del siglo XX, para ser excedido a partir de entonces. Los modelos climáticos también apoyan estas conclusiones. Las variaciones de temperatura no han sido compiladas con sistematicidad en promedios en gran escala, antes de hace 2.000 años, pero éstas no brindan evidencias de que existieran temperaturas medias anuales mundiales más cálidas que las actuales, cuando se analiza el Holoceno (*los últimos 11.600 años; véase sección 6.4*). Hay fuertes indicios de que, hasta hace unos tres millones de años, prevaleció un clima más cálido, con una cubierta mundial de hielo reducida en gran medida y un nivel del mar más elevado. Por ende, el calor actual parece inusual en el contexto del milenio actual, pero no es inusual en el contexto de escalas mayores de tiempo, donde son importantes los cambios en la actividad tectónica (que pueden impulsar variaciones lentas, naturales en la concentración de gases de efecto invernadero).”



A.19. ¿Qué ha hecho cambiar el clima en el pasado?

La órbita descrita por la Tierra cambia gradualmente de una forma casi circular a otra más elíptica. El proceso ocurre de acuerdo con un ciclo que dura unos 100.000 años. Este ciclo y otros descubiertos por Milankovitch suponen cambios en la radiación solar que llega a la Tierra y, por tanto, afectan al clima.

1. Explica por qué ese cambio en la órbita terrestre supone una modificación de la radiación solar incidente.
2. ¿Cuando la órbita es más elíptica las diferencias estacionales serán mayores o menores?
3. Además de los cambios en la radiación solar incidente, ¿qué otros cambios han podido modificar el clima?



A.20. Continentes inquietos.

A lo largo de la historia de la Tierra los continentes no han dejado de moverse, se han unido y fragmentado muchas veces, de manera que se han abierto y cerrado océanos. Aún continúan su inquieto baile. Así, la Península Ibérica se separa en la actualidad de Norteamérica a un ritmo medio de 2,5 cm/año.

1. ¿Cómo han podido influir esos movimientos continentales en el clima terrestre?
2. A veces la mayor parte de los continentes se ha encontrado en la zona intertropical, es decir, allí donde se recibe más radiación solar por m². ¿Qué influencia habrá tenido en el albedo medio del planeta?

C.19 y 20

Tras la realización de estas actividades puede ser útil aclarar que el clima evoluciona influido por su propia dinámica interna, pero puede verse afectado por factores externos, es lo que se conoce como forzamientos. En general, los forzamientos externos afectan bien a la radiación solar incidente, bien a la fracción de esa radiación que es reflejada (albedo) o bien a lo que se hace con la radiación absorbida: cómo se absorbe la radiación infrarroja (cambios en la composición atmosférica) o cómo se distribuye el calor por el planeta (cambios en las corrientes marinas). El extracto siguiente hace referencia a uno de los ciclos de Milankovitch.



IPCC 2007

“Comenzando con los periodos glaciares que han ocurrido en ciclos regulares durante los últimos casi tres millones de años, hay pruebas sólidas de que éstos han estado vinculados a variaciones regulares de la órbita terrestre alrededor del Sol —los llamados ciclos Milankovitch—. Estos ciclos cambian la cantidad de radiación solar recibida en cada latitud y en cada estación (pero apenas afectan la media mundial anual) y se pueden calcular con precisión astronómica. Todavía se debate cómo es exactamente que esto comienza y termina los periodos glaciares, pero muchos estudios indican que la cantidad de sol en el verano es crucial para los continentes

septentrionales: si desciende por debajo de un valor crítico, la nieve del invierno anterior no se derrite en el verano y los mantos de hielo comienzan a crecer, en la medida en que se acumula cada vez más nieve. Las simulaciones con modelos climáticos confirman que un periodo glacial puede comenzar de este modo, a la vez que se han empleado modelos conceptuales sencillos, basados en cambios orbitales, para la “reconstrucción” satisfactoria del comienzo de las glaciaciones en el pasado. La próxima gran reducción de la insolación septentrional en el verano, similar a las que comenzaron los periodos glaciares pasados, deberá comenzar en 30.000 años.”



A.21. ¿Fue un invierno nuclear lo que extinguió a los dinosaurios?

Hace 65 millones de años (M.a.) algo causó la extinción de los dinosaurios y de muchas otras especies de animales y plantas. La hipótesis más aceptada como causa de esta extinción es el impacto de un asteroide de unos 10 Km de diámetro. La energía liberada por el impacto

equivaldría a mil millones de bombas atómicas como las de Hiroshima y generó un incremento súbito de temperatura entre 10 y 20 °C, dependiendo de las zonas, lo que provocaría incendios masivos de bosques que liberarían a la atmósfera grandes cantidades de CO₂ y hollín. Las enormes cantidades de polvo y vapor de agua generados por el impacto, junto con el hollín, originarían nubes de aerosoles que los vientos distribuirían por todo el planeta. Estas nubes actuarían de pantalla solar provocando el enfriamiento progresivo de la superficie terrestre. El enfriamiento, a su vez, reduciría la evaporación de los océanos y, consecuentemente, disminuirían las precipitaciones.

En definitiva, a las primeras semanas de altísimas temperaturas siguieron años oscuros, fríos y secos. Es lo que se ha llamado “invierno nuclear” porque sería el escenario que seguiría a una guerra nuclear de escala planetaria.

1. ¿Qué aerosoles y de qué procedencia se han descrito? ¿Qué influencia tendrían las nubes de aerosoles en el albedo?
2. Los incendios liberaron gran cantidad de CO₂, ¿no debería haber subido la temperatura por el efecto invernadero?
3. Hace 65 M.a. hubo también una extraordinaria actividad volcánica y pudo ser una causa que contribuyese a la extinción de los dinosaurios. Incluso, para algunos científicos fue la causa principal. ¿Qué cambios puede introducir en la atmósfera una actividad volcánica muy intensa?
4. ¿Puede decirse que tanto en la hipótesis del impacto del asteroide como en el del vulcanismo fue un cambio climático lo que extinguió a los dinosaurios?

C.21 En esta actividad se maneja, fundamentalmente, la influencia de dos variables. La presencia de aerosoles y los cambios en la composición atmosférica. En relación con los aerosoles, el IPCC 2007 señala: “El cambio más drástico en la reflectividad producida por los aerosoles tiene lugar cuando las erupciones volcánicas expulsan sus materiales a la atmósfera a grandes alturas. Por lo general, la lluvia tarda una o dos semanas para limpiar la atmósfera de aerosoles, pero cuando el material de una erupción volcánica violenta se proyecta muy por encima de la nube más alta, en general estos aerosoles afectan el clima durante uno o dos años, antes de caer en la troposfera y ser arrastrados hacia la superficie por las precipitaciones. Las grandes erupciones volcánicas pueden, por ende, provocar una caída en la temperatura media mundial de la superficie de alrededor de medio grado centígrado, que puede durar meses y hasta años. Algunos aerosoles antropógenos pueden reflejar también la luz solar significativamente”.



A.22. Una espiral que condujo a *snowball*.

Hace 950 millones de años (M.a.) la Tierra comenzó a enfriarse y, con diversas oscilaciones, así se mantuvo hasta hace 580 M.a. Fue, por tanto, un ¡planeta helado durante más de 300 M.a.! Dada la antigüedad y la complejidad de la situación, los científicos tienen dificultades para explicar las causas. Las hipótesis más aceptadas manejan tres procesos básicos:

- Un sol, aún joven que emitía una radiación energética inferior a la actual en un 5-10%.
- Un aumento del albedo debido a que la mayoría de los continentes se habían desplazado a la zona intertropical, lugar en que se recibe mayor radiación solar.
- Una disminución del efecto invernadero como consecuencia de la proliferación de cianobacterias fotosintéticas que retiraron grandes cantidades de CO₂ atmosférico.

A medida que la temperatura global descendía era mayor la superficie continental y oceánica cubierta de hielo, circunstancia que aumentaba el albedo lo que, a su vez, hacía bajar la temperatura en una espiral que convirtió a la Tierra en una bola de nieve. Se conoce como hipótesis de la *Snowball Earth*.

1. Indica la influencia en el clima que, individualmente, tiene de cada uno de los procesos básicos que se apuntan.
2. Señala algunas interacciones entre los tres procesos básicos.
3. En la actualidad, el calentamiento global está reduciendo las áreas de nuestro planeta cubiertas por hielo. ¿Qué influencia tendrá en el albedo? ¿Cómo afectará al cambio climático?
4. ¿Cómo pudo superarse la fase de *snowball*?

C.22 Esta actividad, como la anterior, nos enfrenta al análisis del funcionamiento global de nuestro planeta a partir de situaciones del pasado, ya que obliga a estudiar las interacciones de los elementos del sistema climático y analizar los cambios ocurridos en el pasado y sus efectos desde una perspectiva global, de ahí su interés. Un objetivo fundamental de la enseñanza de las ciencias debe ser proporcionar unas nociones básicas de cómo funciona la Tierra y el estudio del cambio climático es una excelente ocasión para contribuir a ello.



Fusión de hielo glaciar. Fuente: Comisión Europea, DGMA.

Desde otra perspectiva, comprender las consecuencias dramáticas que puede acarrear la introducción de cambios en el sistema climático se hace mejor si se poseen esas nociones de cómo funciona la Tierra, y el análisis del registro de otras épocas proporciona las claves, porque sólo si comprendemos el pasado estaremos en condiciones de explicar el presente y predecir el futuro.



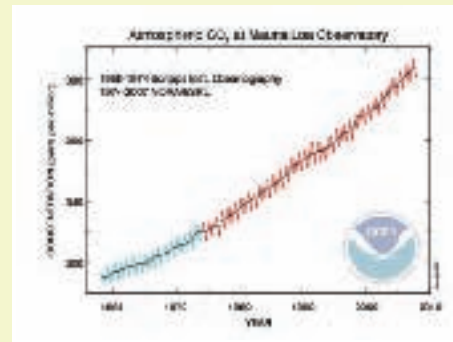
A.23. ¿Qué está pasando con el dióxido de carbono?

Desde 1958, el observatorio de Mauna Loa (Hawaii) viene analizando la composición del aire. La gráfica recoge los cambios en la concentración de CO_2 desde esa fecha hasta 2006.

1. La gráfica muestra una oscilación anual de la concentración de CO_2 , que a veces se ha denominado “la respiración del planeta”. Para mayor información, observa la gráfica del detalle anual. ¿Cómo puede interpretarse esta oscilación anual?
2. Haz una descripción de la gráfica general e indica si es posible obtener alguna conclusión.
3. ¿Qué datos dirías que pueden preverse para los próximos años?
4. Puedes encontrar la situación actual en Mauna Loa Observatory, NOAA: <http://www.mlo.noaa.gov/livedata/livedata.html>
5. ¿En qué lugar del esquema organizativo previo (A.2) ubicarías esta actividad?

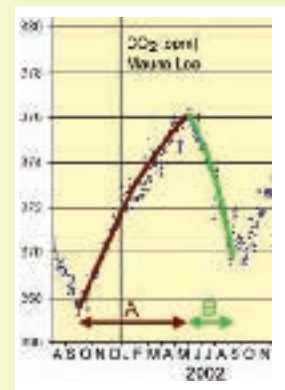
C.23

Aunque los datos más relevantes para la cuestión que nos ocupa se refieren a la evolución de la concentración de CO_2 en los últimos 50 años, que no deja lugar a dudas, un aspecto interesante es el ciclo anual. Y lo es en la medida en que nos informa de las causas de las entradas y salidas del CO_2 atmosférico.



Cambios en la concentración de CO_2 tomados en el observatorio de Mauna Loa (Hawaii) desde 1958.

Fuente NOAA.



Detalle anual.

Fuente: NOAA.



A.24. No sólo ha aumentado el dióxido de carbono.

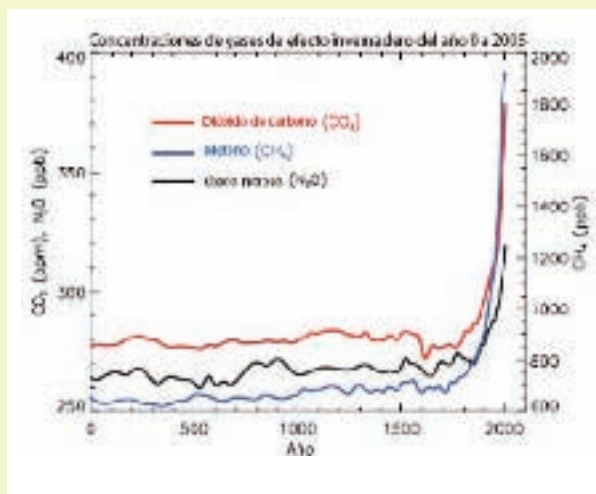
La siguiente gráfica nos muestra una perspectiva más amplia, tanto por el periodo de tiempo considerado como porque también se incorporan a ella otros gases de efecto invernadero: el metano y el óxido nítrico. En ella la concentración de CO_2 viene expresada, como en las gráficas anteriores, en partes por millón (ppm), mientras que las de CH_4 y N_2O aparecen en partes por miles de millones (ppb).

1. ¿Cómo han podido saber los investigadores la concentración que había de estos gases hace 1.000 años?

2. Los valores de estos gases de efecto invernadero se han mantenido bastante estables durante muchos siglos. ¿A partir de qué momento comienzan a incrementarse?
3. ¿A qué puede deberse que estos tres gases de efecto invernadero hayan incrementado simultáneamente sus concentraciones?
4. Ponle un título a la gráfica que consideres representativo y sea diferente al que figura en su cabecera.
5. Formula una pregunta a la que dé respuesta esta gráfica.

C.24

Se ha señalado antes la importancia de aprovechar estas actividades para familiarizar a los estudiantes con la lectura e interpretación de gráficas. Una propuesta que da buenos resultados (y que hemos utilizado ya en algunas de las actividades anteriores) consiste en pedirles que describan la gráfica, es decir, que traduzcan en palabras la información que hay recogida en una gráfica. También suele ser útil pedirles que le pongan un título que, en definitiva, es una forma de resumir en pocas palabras lo que transmite una gráfica. Un paso más en esta línea consiste en solicitar que formulen alguna pregunta a la que dé respuesta la gráfica. Formular estas preguntas supone establecer una especie de “diálogo” con la gráfica y cuando se es capaz de hacerlo quiere decir que se interpreta perfectamente.



Concentraciones de los gases de efecto invernadero en los últimos 2.000 años. Fuente: IPCC 2007.

Puede aprovecharse esta actividad también para mostrar qué se entiende por correlación de variables, cuándo se dice que una correlación es positiva o negativa, y cómo interpretar una correlación, insistiendo en que no siempre que hay correlación entre variables existe relación causa-efecto. Esta gráfica de la evolución de la concentración de los gases de efecto invernadero puede ser muy útil para todo esto.

En cuanto a los datos que figuran en la gráfica, quizá convenga recordar lo que señala sobre el metano el IPCC 2007: “El aumento de aproximadamente 1.774 ppb de CH_4 en 2005 representa más del doble de su valor preindustrial. Las concentraciones atmosféricas de CH_4 variaron muy poco, entre 580 y 730 ppb, en los últimos 10.000 años, pero aumentaron alrededor de 1.000 ppb en los últimos 200 años. Esto representó el cambio más rápido de este gas durante al menos 80.000 años”.



A.25. ¿Qué está causando el incremento de los gases de efecto invernadero?

En su resumen para los responsables de políticas, el IPCC 2007 afirma: “Las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso mundiales han aumentado, sensiblemente, como resultado de las actividades humanas desde 1750, y en la actualidad han superado los valores preindustriales determinados en muestras de testigos de hielo que abarcan muchos cientos de años. El aumento global de la concentración de dióxido de carbono se debe fundamentalmente al uso de combustibles fósiles y a los cambios del uso del suelo, mientras que el del metano y óxido nitroso se deben principalmente a la agricultura”.

1. ¿Para qué se utilizan los combustibles fósiles?
2. ¿A qué se refiere el IPCC con la expresión “cambios de uso de suelo”? ¿Cómo puede afectar este cambio a la emisión de CO₂?
3. En consecuencia, ¿quiénes deben considerarse responsables de la emisión de los gases de efecto invernadero?

C.25 El origen y efectos de los gases de efecto invernadero lo resume el IPCC 2007 en el texto siguiente.



IPCC 2007

“Las actividades humanas traen como consecuencia la emisión de cuatro gases de efecto invernadero principales: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O) y los halocarbonos (grupo de gases que contienen flúor, cloro y bromo). Estos gases se acumulan en la atmósfera, provocando un incremento de sus concentraciones con el paso del tiempo. En la era industrial se han producido incrementos significativos de todos estos gases. Todos estos incrementos se atribuyen a las actividades humanas.

- El dióxido de carbono ha aumentado debido al uso de combustibles en el transporte, los sistemas de calefacción y aire acondicionado de edificaciones, la producción de cemento y otros bienes. Con la deforestación se libera CO₂ y se reduce la absorción de CO₂ de las plantas. El dióxido de carbono se libera también en procesos naturales como la descomposición de la materia vegetal.
- El metano ha aumentado como resultado de las actividades humanas relacionadas con la agricultura, la distribución del gas natural y los vertederos. También hay procesos naturales en los que se libera metano, como por ejemplo, en los humedales. Las concentraciones

de metano no están aumentando actualmente en la atmósfera porque su tasa de crecimiento disminuyó en los dos últimos decenios.

- Como resultado de las actividades humanas se emite también el óxido nitroso con el uso de fertilizantes y la quema de combustibles fósiles. Los procesos naturales de los suelos y los océanos también liberan N₂O.
- Las concentraciones de halocarbonos han aumentado básicamente debido a las actividades humanas. Los procesos naturales también han sido una fuente pequeña. Entre los halocarbonos principales se incluyen los clorofluorocarbonos (como CFC-11 y CFC-12), que se utilizaban extensivamente como agentes de refrigeración y en otros procesos industriales antes de que se conociese que su presencia en la atmósfera causara el agotamiento del ozono en estratosfera. Las altas concentraciones de clorofluorocarbonos disminuyen como resultado de las regulaciones internacionales diseñadas para proteger la capa de ozono.
- El ozono es un gas de efecto invernadero que se produce y destruye continuamente en la atmósfera debido a reacciones químicas.

sigue>

>continúa

En la troposfera, ha aumentado la concentración de ozono como resultado de las actividades humanas en las que se liberan gases tales como monóxido de carbono, hidrocarburos y óxido de nitrógeno, que reaccionan químicamente produciendo el ozono. Como se menciona anteriormente, los halocarbonos liberados como consecuencia de las actividades humanas destruyen el ozono en la estratosfera y han abierto el hueco de ozono sobre la Antártida.

- El vapor de agua es el gas de efecto invernadero más abundante e importante presente en la atmósfera. Sin embargo, las actividades

humanas tienen sólo una pequeña influencia directa respecto de la cantidad de vapor de agua en la atmósfera. De manera indirecta, los seres humanos tienen la capacidad de incidir sustancialmente sobre el vapor de agua y cambiar el clima. Por ejemplo, una atmósfera más cálida contiene más vapor de agua. Las actividades humanas también influyen en el vapor de agua a través de las emisiones de CH_4 , debido a que este último sufre una destrucción química en la estratosfera, produciendo así una cantidad pequeña de vapor de agua.”



A.26. Y podría ser peor.

La tabla muestra un balance sintético con las entradas y salidas de dióxido de carbono en la atmósfera. Por convención, las cifras positivas indican entradas de CO_2 en la atmósfera, las negativas significan retiradas de CO_2 de la atmósfera. No hay, por tanto, ningún juicio de valor en estos signos.

Origen del CO_2	Balance anual 10^{15} g de CO_2
Quema de combustibles fósiles	+ 7
Deforestación	+ 2
Biosfera	- 3
Océano	- 2
Balance total de la entrada anual del CO_2	+ 4

1. ¿Cómo consigue la biosfera retirar CO_2 de la atmósfera?
2. Una parte importante del CO_2 liberado a la atmósfera pasa al océano. ¿Sabes si tiene algún efecto en el océano? ¿Podría volver a pasar a la atmósfera?
3. A la vista de esta tabla, ¿qué debería hacerse para reducir la cantidad de CO_2 en la atmósfera?
4. ¿Por qué crees que esta actividad se ha titulado “Y podría ser peor”? ¿Qué es lo que podría ser peor y por qué?



A.27. ¿De dónde viene y adónde va el CO_2 ?

Cualquier ser vivo, sea una bacteria, un árbol o una persona, está integrado por compuestos inorgánicos (agua y sales minerales) y compuestos orgánicos (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos). Todos los compuestos orgánicos contienen carbono. El carbono lo incorporan las plantas con el CO_2 que toman del aire para originar con él, con el agua, y

gracias a la energía luminosa, los compuestos orgánicos que integran su cuerpo. Así se inicia un recorrido sin fin denominado ciclo del carbono.

Haz un esquema que represente el ciclo del carbono. Debes procurar que en él aparezcan los intercambios de este elemento que se producen entre los cuatro reservorios naturales: atmósfera, hidrosfera, biosfera y litosfera.

C.27 Aunque parezca que al dar entrada aquí al ciclo del carbono se corta el hilo de la reflexión general que se viene haciendo, resulta, a nuestro juicio, imprescindible incorporar la perspectiva global que proporciona este ciclo para poder profundizar en el análisis de la cuestión y en la valoración de las decisiones que deben adoptarse. Con todo, es cierto que esta actividad puede realizarse antes. Debe ser la dinámica de la clase la que aconseje el mejor momento para ello. Lo que no podrá hacerse, seguramente, es realizarla más tarde. Conviene en cualquier caso, que se trabaje cuando la situación lo demande, no antes.

Es frecuente que los esquemas básicos del ciclo del carbono se limiten a los intercambios entre atmósfera, biosfera y suelo. Sin embargo, para la cuestión que nos ocupa, es fundamental dar entrada a los océanos y a la litosfera (al menos a los combustibles fósiles).

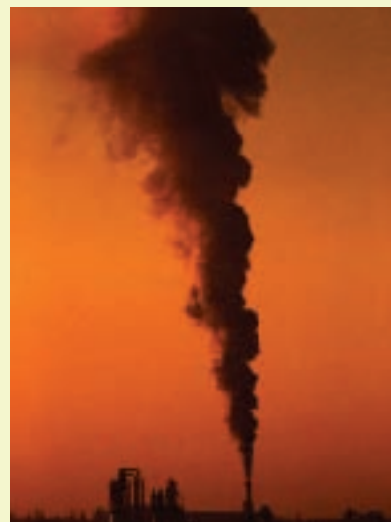


A.28. ¿Quién, en definitiva, está causando el cambio climático?

El IPCC 2007 afirma textualmente lo que sigue: “Es *muy probable* que los incrementos en los gases de efecto invernadero antropogénicos hayan causado la mayoría del incremento observado en las temperaturas mundiales desde mediados del siglo XX. Sin el efecto de enfriamiento de los aerosoles atmosféricos, es *probable* que los gases de efecto invernadero por sí solos hubieran causado un incremento mayor en la temperatura media mundial que el observado en los últimos 50 años”.

1. El IPCC atribuye el actual cambio climático a la actividad humana. Resume las ideas principales que, a tu juicio, apoyan estas tesis. Indica también las dudas que tengas sobre esta conclusión y las objeciones que le veas.
2. En el párrafo del IPCC reseñado se atribuye a los aerosoles un papel de enfriamiento. ¿Por qué producen enfriamiento? ¿Significa esto que una posible solución al cambio climático podría ser la emisión de grandes cantidades de aerosoles? ¿Por qué?

Emisión de gases debidos a la quema de combustibles fósiles. Fuente: Comisión Europea, DGMA.



C.28 Aunque el trabajo en grupo puede ser útil en cualquier momento, resulta especialmente oportuno en actividades como ésta y las que siguen en las que las reflexiones compartidas favorecerán la formulación de propuestas más ricas y mejor contrastadas.

Conviene aclarar que en el lenguaje del IPCC, muy probable significa una probabilidad superior al 90%, mientras que probable significa una probabilidad superior al 66%. En cuanto a la responsabilidad, el IPCC 2007 se muestra concluyente al respecto:

“Las causas principales del aumento del CO₂ atmosférico son las emisiones de CO₂ derivadas del uso de combustibles fósiles y del impacto del cambio en los usos del territorio en el carbono acumulados en las plantas y en el suelo. A partir de 1750, se calcula que aproximadamente dos tercios de las emisiones de CO₂ antropogénico provienen de la quema de combustible fósil y un tercio del cambio en el uso de la tierra. Aproximadamente un 45% de este CO₂ permanece en la atmósfera, mientras un 30% permanece en los océanos y el resto está en la biosfera terrestre. Aproximadamente la mitad del CO₂ emitido hacia la atmósfera se elimina en una escala de tiempo de 30 años; otro 30% se elimina en pocos siglos y el 20% restante permanecerá en la atmósfera durante miles de años”¹.



A.29. Diferencias Norte-Sur.

Las emisiones medias de CO₂ por persona y año ascienden a 5,5 toneladas, aproximadamente el doble de lo que se considera el límite para no provocar interferencias graves en el clima global. Sin embargo, el reparto de estas emisiones es muy desigual. Así, mientras que los países en desarrollo emiten de media 2 toneladas per cápita, en Europa se emite 7,8. Estados Unidos ostenta el triste récord con 20,6 toneladas de CO₂ per cápita.

1. Algunos de los países más superpoblados, como China, India y Brasil, que se encuentran en fase de expansión económica, están incrementando mucho sus emisiones de CO₂ y se quejan de que los países desarrollados les presionan para que las reduzcan. Consideran que eso frenará su desarrollo económico y no son ellos los que más gases de efecto invernadero emiten. ¿Cómo valoras la posición de unos y otros?
2. ¿Cuál debería ser el comportamiento de los países desarrollados?

¹ Con negrita en el original.



Informe sobre el Desarrollo Humano 2007-08 (PNUD)

“Para la contabilidad mundial del carbono, el mundo es un solo país. La atmósfera de la Tierra es un recurso común sin fronteras. Las emisiones de gases de efecto invernadero se mezclan libremente en la atmósfera a lo largo del tiempo y el espacio. Para efectos del cambio climático da lo mismo que la tonelada marginal de CO₂ provenga de una central eléctrica alimentada con carbón, de un automóvil o de la pérdida de sumideros de carbono en los bosques tropicales. De modo similar, cuando los gases de efecto invernadero entran a la atmósfera de la tierra no se segmentan por país de origen: una tonelada de CO₂ de Mozambique pesa lo mismo que una de EE UU.


Si bien cada tonelada de dióxido de carbono tiene el mismo peso, la contabilidad global revela grandes variaciones en las contribuciones al total de las emisiones desde diferentes fuentes. Todas las actividades, todos los países y toda la gente quedan registrados en las cuentas mundiales de carbono, aunque algunos de estos registros son mucho más abultados que otros. En esta sección prestaremos atención a la huella ecológica que dejan las emisiones de CO₂. Las diferencias en la profundidad de dichas huellas pueden ayudarnos a identificar importantes asuntos de equidad y de distribución en los modos de abordar el tema de la mitigación y la adaptación.”



A.30. ¿Cuántos planetas necesitamos?

Cuentan que en vísperas de la independencia de la India le preguntaron a Gandhi si él creía que su país podría seguir el modelo de desarrollo industrial británico. Su respuesta fue: “Para lograr su prosperidad, Gran Bretaña usó la mitad de los recursos de este planeta. ¿Cuántos planetas necesitaría la India para lograr el desarrollo?”.

La idea central de la que hablaba Gandhi es lo que hoy conocemos como “huella ecológica”. La huella ecológica de una persona es el área biológicamente productiva que se necesita para producir los recursos que consume y absorber los desechos que genera esa persona.

1. El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ha realizado el cálculo y afirma: “Si cada habitante del mundo en desarrollo dejara la misma huella ecológica que el habitante promedio de los países de ingreso alto, las emisiones mundiales de CO₂ aumentarían a 85 Gt y con ese nivel se requieren seis planetas.” ¿Te parece razonable esta situación? ¿Te parece sostenible?
2. Puedes calcular tu huella ecológica en esta página de la Unión Europea:  <http://www.mycarbonfootprint.eu/es/>

C.30

Para tener una visión global y valorar la responsabilidad de cada uno, es difícil hacer un comentario mejor que el que realiza al respecto el Informe sobre el Desarrollo Humano 2007-08 (PNUD).



Informe sobre el Desarrollo Humano 2007-08 (PNUD)

“Las diferencias en la profundidad de las huellas ecológicas están vinculadas con la historia del desarrollo industrial. No obstante, también son un reflejo de la gran ‘deuda de carbono’ acumulada por los países desarrollados, obligación que radica en la sobreexplotación de la atmósfera de la Tierra.

Las personas del primer mundo se muestran cada vez más inquietas respecto de los gases de efecto invernadero que emiten los países en desarrollo y suelen no darse cuenta del lugar que ocupan en la distribución mundial de las emisiones de CO₂. Consideremos los siguientes ejemplos:

- El Reino Unido (60 millones de habitantes) emite más CO₂ que el conjunto de Egipto, Nigeria, Pakistán y Vietnam (472 millones de habitantes).
- Los Países Bajos emiten más CO₂ que el conjunto de Bolivia, Colombia, Perú, Uruguay y los siete países de América Central.
- El estado de Texas (23 millones de habitantes) de Estados Unidos registra emisiones de alrededor de 700 Mt de CO₂ o 12% del total de emisiones de ese país, cifra superior a la huella total de CO₂ que deja la región de África Subsahariana, lugar donde viven 720 millones de personas.
- El estado de Nueva Gales del Sur en Australia (6,9 millones de habitantes) deja una huella ecológica de 116 Mt de CO₂, cifra comparable al total combinado de Bangladesh, Camboya, Etiopía, Kenia, Marruecos, Nepal y Sri Lanka.

- La huella ecológica de los 19 millones de habitantes del estado de Nueva York es superior a los 146 Mt de CO₂ que dejan los 766 millones de habitantes de los 50 países menos adelantados del mundo.

Las extremas desigualdades en las huellas ecológicas nacionales son reflejo de las disparidades en las emisiones per cápita. Al ajustar la contabilidad de las emisiones de CO₂ para considerar estas disparidades, aparecen los límites altamente definidos de la convergencia del carbono. La convergencia de las huellas ecológicas ha sido un proceso limitado y parcial que partió de diferentes niveles de emisión. Mientras China está casi por superar a Estados Unidos como el principal emisor de CO₂ en el mundo, sus emisiones per cápita sólo llegan a la quinta parte de las de Estados Unidos. Las emisiones en la India también van en aumento, pero aun así, su huella ecológica per cápita sigue siendo inferior a la décima parte de aquella de los países de altos ingresos. En Etiopía, la huella ecológica per cápita promedio es de 0,1 toneladas en comparación con las 20 toneladas de Canadá. El aumento per cápita en las emisiones de Estados Unidos desde 1990 (1,6 toneladas) es superior al total de las emisiones per cápita de India en 2004 (1,2 toneladas) y el aumento global de las emisiones del primer país supera todas las emisiones de África Subsahariana. Por último, el aumento per cápita en Canadá desde 1990 (5 toneladas) es superior a las emisiones per cápita de China en 2004 (3,8 toneladas).”



A.31. Adónde nos lleva el cambio climático.

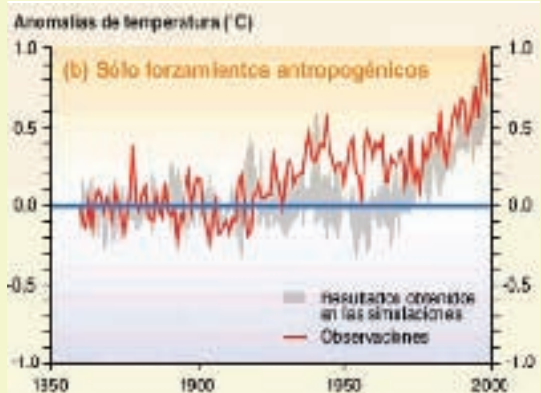
Un modelo es una representación simplificada de la realidad. Los modelos climáticos son programas informáticos en los que los científicos introducen las principales variables que intervienen (radiación solar, albedo, composición atmosférica...) de cuya interacción resulta el clima. El modelo se puede utilizar para predecir qué ocurrirá si se incrementa, por ejemplo, el contenido de CO₂ de la atmósfera. Utilizando modelos de la evolución climática, los científicos han introducido datos antiguos para comprobar si predicen la evolución conocida de la temperatura.

La gráfica (a) se ha obtenido considerando sólo procesos naturales, mientras que en la (b) se han tenido en cuenta procesos naturales y la actividad humana. La línea roja representa la temperatura y la franja gris el pronóstico realizado por los modelos.

1. Indica si hay o no coincidencia entre la temperatura real y el valor pronosticado para la primera mitad del siglo XX en el modelo (a) y en el (b).
2. ¿Qué ocurre en la segunda mitad del siglo XX? ¿Cuál de los modelos predice mejor la evolución de las temperaturas hasta la situación actual?
3. ¿Qué conclusiones pueden obtenerse? ¿Cuál de los dos modelos utilizarías para predecir la temperatura media que habrá dentro de 20 años?
4. ¿Qué variables han debido introducir los investigadores en el modelo B?

C.31

El estudio del cambio climático, la complejidad de los procesos implicados y la necesidad de ofrecer proyecciones a medio y largo plazo proporcionan una excelente ocasión para mostrar la noción de modelo y para evidenciar por qué una representación simplificada de la realidad puede ser útil en la investigación científica, así como alguno de los procedimientos básicos que se utilizan para construirlos.



Proyecciones de anomalías de la temperatura realizadas con modelos. Fuente IPCC 2001

**A.32. Diversidad de escenarios.**

Para realizar las proyecciones del cambio climático en el futuro, los investigadores del IPCC utilizan “escenarios”. Un escenario es una representación plausible y simplificada del clima del futuro, basada en un conjunto de datos internamente coherentes.

Pero por qué es necesario contemplar diferentes escenarios. Las estimaciones sobre la población mundial que habrá al final del siglo XXI van desde 6.500 a 15.000 millones de habitantes. Naturalmente, el consumo de combustibles fósiles y otras materias primas no será igual en un caso y en otro. No puede saberse si seremos sensatos y reduciremos el consumo o continuaremos como si nada ocurriese pensando en que ya lo arreglará la ciencia y la tecnología, etcétera.

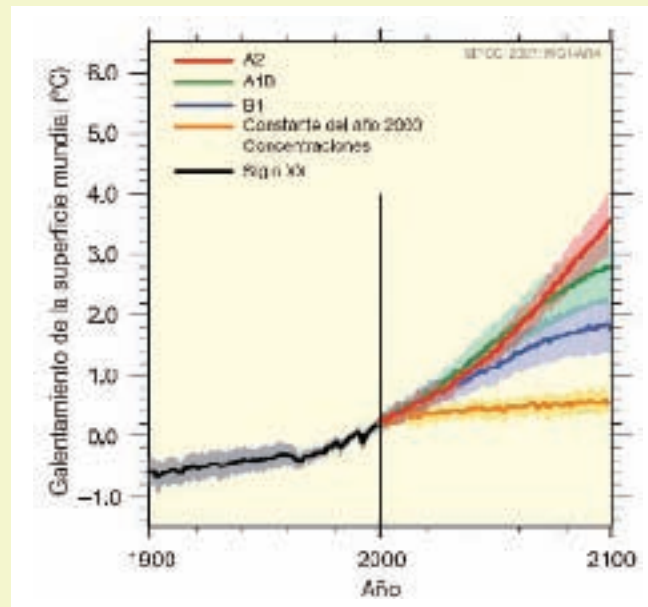
Los escenarios proporcionan hipótesis de trabajo. En el IPCC se han manejado cuatro familias de escenarios que incluyen combinaciones de cambios demográficos, desarrollo económico y social y adelantos tecnológicos en los que se atribuye a cada uno de ellos magnitudes posibles. El manejo de escenarios proporciona un abanico de resultados entre los cuales es muy probable que se dé la situación futura.

La gráfica muestra las proyecciones realizadas para las temperaturas medias globales. Las líneas marcan los valores previstos para algunos de los escenarios. El sombreado señala el intervalo de incertidumbre. La línea naranja representa lo que ocurriría si los valores de los gases de efecto invernadero se mantuvieran como en el año 2000.

1. Describe esta gráfica.
2. Ponle un título diferente al que figura en el lateral.
3. Formula alguna pregunta a la que dé respuesta esta gráfica.
4. ¿En qué lugar del esquema organizativo previo (A.2) ubicarías esta actividad?

C.32 Es conveniente que los estudiantes entiendan las razones básicas por las que resulta difícil hacer un pronóstico preciso. Algunas de ellas ya se ha introducido al presentar la diversidad de escenarios. Otras razones derivan del conocimiento insuficiente que aún se tiene de ciertos procesos y, sobre todo, de la complejidad del sistema climático y de su carácter no lineal.

Proyecciones realizadas para el siglo XXI de las temperaturas medias globales atendiendo a cuatro escenarios básicos. Fuente: IPCC 2007.



La fiabilidad de los modelos utilizados se señala a continuación.



IPCC 2007

“Tiene un nivel de confianza considerable en cuanto al hecho de que los modelos climáticos proporcionan estimaciones cuantitativas creíbles sobre los cambios climáticos futuros, en particular, a escala continental y más allá de ésta. Esta confianza se deriva del hecho de que los modelos se basan en principios físicos aceptados y tienen la capacidad de reproducir las características observadas del clima actual y de cambios climáticos del pasado. La confianza que se tiene en las estimaciones de los modelos es mayor para algunas variables climáticas (por ejemplo: la temperatura) que para otras (por ejemplo: las precipitaciones). En el transcurso de varios decenios de desarrollo, los modelos han brindado sistemáticamente una idea clara e inequívoca del calentamiento significativo del clima como respuesta al incremento de los gases de efecto invernadero.

Los modelos climáticos son representaciones matemáticas del sistema climático, expresados como códigos de computación y ejecutados en poderosas computadoras. Una primera razón para tener confianza en los modelos se deriva del hecho de que los principios fundamentales de estos tienen en cuenta leyes físicas establecidas, a saber: la conservación de la masa, la energía y la fuerza, de conjunto con abundantes observaciones. Una segunda razón para tener confianza en los modelos se basa en la capacidad de estos para simular aspectos importantes del clima actual. Los modelos son evaluados de manera constante y amplia, comparando las simulaciones de éstos con las observaciones de la atmósfera, el océano, la criosfera y la superficie terrestre. Durante el último decenio han tenido lugar niveles de evaluación sin precedentes mediante ‘intercomparaciones’ organizadas de modelos múltiples. Los modelos han mostrado una capacidad importante y cada vez mayor para representar muchas características importantes del clima medio, tales como la distribución en gran escala de la temperatura atmosférica, de la precipitación, las radiaciones y los vientos, así como la distribución de las temperaturas oceánicas, las corrientes y las capas de hielo

sobre el mar. Los modelos pueden simular también aspectos esenciales de muchos de los patrones de la variabilidad del clima observada en todo un rango de escalas de tiempo (...)

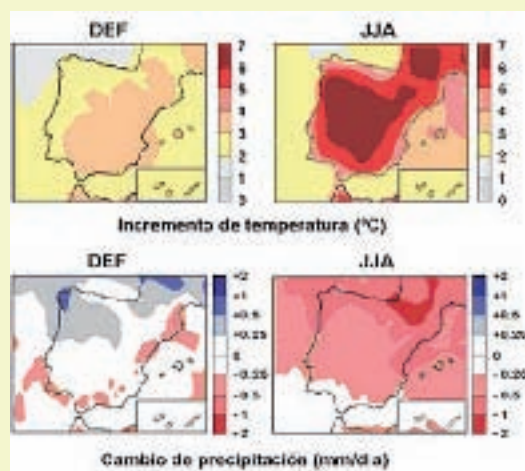
No obstante, los modelos aún muestran errores significativos. Aunque, por lo general, éstos son mayores a escalas más pequeñas, aún persisten importantes problemas a gran escala. Por ejemplo, todavía existen deficiencias para la simulación de la precipitación tropical, El Niño, Oscilación Meridional y la Oscilación Madden-Julian (una variación observada de los vientos tropicales y precipitaciones en una escala de tiempo de 30 a 90 días). La razón fundamental para la mayoría de estos errores es que muchos procesos importantes a pequeña escala no pueden representarse de manera explícita en los modelos, y deben incluirse por tanto de forma aproximada cuando interactúan con accidentes de mayor escala. Ello se debe en parte a las limitaciones de la capacidad de procesamiento, pero es también el resultado de limitaciones en cuanto al conocimiento científico o la disponibilidad de observaciones detalladas de algunos procesos físicos. En particular, existen niveles de incertidumbre considerables, asociados con la representación de las nubes y con las correspondientes respuestas de las nubes al cambio climático.

Por consiguiente, los modelos siguen mostrando un rango considerable de cambio de la temperatura mundial como respuesta al forzamiento de los gases de efecto invernadero especificados (*véase Capítulo 10*). Sin embargo, a pesar de estas incertidumbres, los modelos son unánimes en cuanto a la predicción que hacen del calentamiento considerable del clima por el aumento de los gases de efecto invernadero, y la magnitud de este calentamiento está en correspondencia con las estimaciones independientes, procedentes de otras fuentes, tales como las que son el resultado de cambios climáticos observados y reconstrucciones de climas pasados.”



A.33. Un impacto desigual.

Los modelos climáticos pronostican para finales del siglo XXI, en general, una acentuación de los impactos que están produciéndose en estos momentos. En todo caso, estos impactos afectarán de forma muy diversa a diferentes lugares debido a que, por una parte, no en todos los lugares los cambios alcanzarán la misma magnitud y, por otra, no todos los lugares son igualmente vulnerables.



Proyecciones para 2071-2100 de cambios de temperatura y precipitación en España. Fuente: Oficina Española para el Cambio Climático (OECC).

Los mapas representan las proyecciones para 2071-2100 para nuestro país de cambios de temperatura y precipitación. Los datos se han promediado para invierno (DEF) y para verano (JJA).

1. ¿Cuáles son las previsiones de incremento de temperatura en España en cada una de las estaciones referenciadas? ¿Para qué zonas se prevé un mayor incremento?
2. La situación de las precipitaciones es más compleja. Describe los cambios más importantes en invierno y verano.

C.33 Es preciso tener en cuenta lo que el Informe de Evaluación señala al respecto.



Informe de Evaluación Preliminar de los Impactos en España por efecto del Cambio Climático

“Las proyecciones climáticas que se obtienen utilizando modelos climáticos globales muestran que a lo largo del siglo XXI se producirá un incremento relativamente uniforme de la temperatura en la Península Ibérica, con una tendencia media de 0,4 °C/década en invierno y de 0,7 °C/década en verano para el escenario menos favorable (A2 del IPCC), y de 0,4 °C y 0,6 °C/década, respectivamente, para el escenario más favorable (B2 del IPCC). Por lo que respecta a las precipitaciones, las tendencias de cambio a lo largo del siglo no son, por lo general, uniformes,

existiendo notables discrepancias entre los diferentes modelos globales, lo que resta fiabilidad al resultado. No obstante, todos ellos coinciden en una reducción significativa de las precipitaciones totales anuales, algo mayor en el escenario A2 que en el B2. Dichas reducciones resultan máximas en la primavera y algo menores en el verano (...)

Considerando el conjunto de resultados del cambio climático proyectado a lo largo del siglo XXI para España por los diferentes modelos climáticos considerados en este informe, es posible

sigue>

>continúa

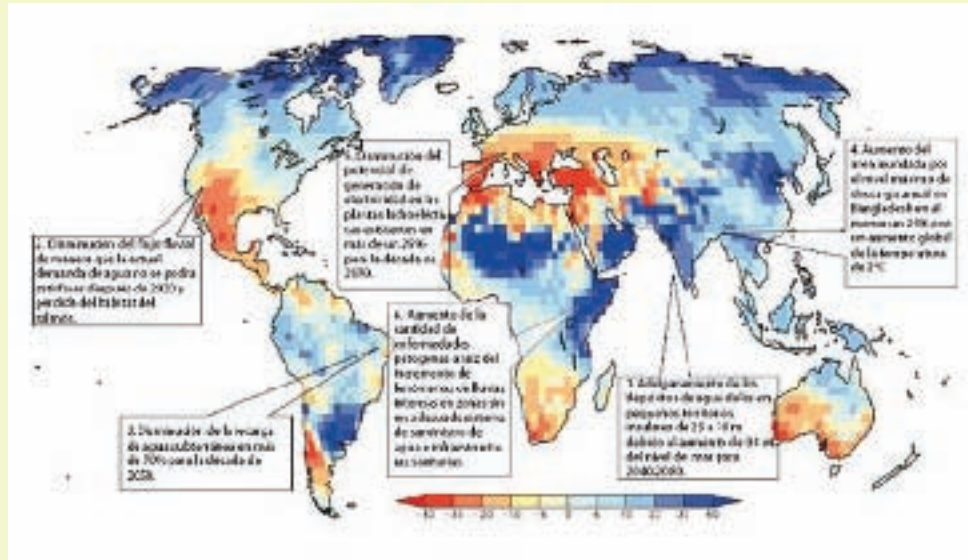
ordenar su grado de fiabilidad en sentido decreciente de la siguiente manera:

- a. Tendencia progresiva al incremento de las temperaturas medias a lo largo del siglo.
- b. Tendencia a un calentamiento más acusado en el escenario con emisiones más altas.
- c. Los aumentos de temperatura media son significativamente mayores en los meses de verano que en los de invierno.
- d. El calentamiento en verano es superior en las zonas del interior que en las costeras o en las islas.
- e. Tendencia generalizada a una menor precipitación acumulada anual.
- f. Mayor amplitud y frecuencia de anomalías térmicas mensuales.
- g. Mayor frecuencia de días con temperaturas máximas extremas en la Península, especialmente en verano.
- h. Para el último tercio del siglo, la mayor reducción de precipitación en la Península se proyecta en los meses de primavera.
- i. Aumento de precipitación en el oeste de la Península en invierno y en el noreste en otoño.
- j. Los cambios de precipitación tienden a ser más significativos en el escenario de emisiones más elevadas.”



A.34. ¿Habrá agua para todos?

El régimen de lluvias experimentará cambios notables. El mapa recoge los efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua dulce. En azul figuran las zonas en las que se incrementarán las lluvias y con ellas la escorrentía superficial expresada en tantos por ciento, y en rojo la reducción de la escorrentía.



Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua dulce: Fuente IPCC 2007.

1. ¿En qué zonas se prevé un incremento de la escorrentía superficial? ¿Qué efectos puede tener este cambio?
2. ¿Qué se prevé para la zona mediterránea en su conjunto?
3. ¿De qué manera pueden verse afectados los ecosistemas mediterráneos?

En este tipo de actividades conviene que se trabaje en grupo, de manera que tanto las reflexiones como las propuestas sean más ricas.

C.34 Es importante tener en cuenta lo que el IPCC 2007 señala sobre la influencia del cambio climático en el sistema hídrico y que se extraiga en el siguiente texto.



IPCC 2007

“Es muy probable que disminuyan los volúmenes de agua almacenados en los glaciares y las capas de nieve. Esto reducirá los flujos de las corrientes de verano y otoño en regiones donde vive actualmente más de un sexto de la población mundial.

Es muy probable que aumente la disponibilidad de agua y la escorrentía en latitudes altas y en algunas zonas húmedas tropicales, incluidas zonas muy pobladas del oriente y sudeste asiático, y que disminuya en la mayor parte de las latitudes medias y en zonas secas tropicales, que constituyen en la actualidad zonas con estrés hídrico.

Es probable que aumenten las zonas afectadas por sequías y los fenómenos de precipitaciones extremos, cuya frecuencia e intensidad es probable que aumente, incrementando el riesgo de inundaciones. El aumento de la frecuencia e intensidad de las inundaciones y sequías tendrá implicaciones en el desarrollo sostenible.

Es probable que las cuencas fluviales, donde vive hasta el 20% de la población mundial, se vean afectadas debido al aumento de los peligros de inundaciones para 2080 en el transcurso del calentamiento mundial.

Muchas zonas semiáridas (por ejemplo, la cuenca del Mediterráneo, el oeste de los Estados Unidos, el sur de África y el noreste de

Brasil) padecerán una disminución de los recursos hídricos a raíz del cambio climático.

Se pronostica que el número de personas que viven en cuencas fluviales sumamente afectadas aumente de 1.400 a 1.600 millones en 1995 a 4.300-6.900 millones en 2050, en el escenario A2.

El aumento del nivel del mar ampliará las zonas de salinización de las aguas subterráneas y los estuarios. Esto traerá como resultado una disminución de la disponibilidad de agua dulce para los seres humanos y los ecosistemas en las zonas costeras.

Disminuirá la cantidad de aguas subterráneas en algunas regiones que ya tienen estrés hídrico, donde el aumento demográfico acelerado y la demanda de agua a menudo acrecientan la vulnerabilidad.

El cambio climático afecta al funcionamiento de las infraestructuras hídricas existentes, así como a las prácticas de gestión hídrica. En algunos países y regiones que reconocen la incertidumbre de los cambios hidrológicos proyectados se crean procedimientos de adaptación y prácticas de gestión de riesgos para el sector hídrico.

Las desventajas del cambio climático en los sistemas de agua dulce superan a las ventajas.”



A.35. La sexta extinción.

Los ecosistemas muestran cierta capacidad para adaptarse a cambios climáticos naturales. Uno de los problemas del cambio climático actual es que se está produciendo a un ritmo mucho mayor y sus consecuencias pueden ser terribles para la biodiversidad del planeta. La extinción de especies que está produciéndose se denomina a veces “la sexta extinción”, en alusión a las cinco grandes extinciones en masa ocurridas a lo largo de la historia de la Tierra. En todo caso, los efectos no tendrán la misma gravedad si el incremento de temperatura a lo largo de este siglo es de 1 °C que si es de 4 °C.

El IPCC señala que “muy probablemente haya cambios fundamentales en la estructura y funcionamiento de ecosistemas marinos y terrestres a raíz de un calentamiento mundial de 2 a 3 °C por encima de los niveles preindustriales y del aumento asociado de CO₂ atmosférico”. El cuadro resume algunos de los cambios en los ecosistemas que pueden ocurrir en función del incremento de la temperatura.

1. La extinción de una especie es un proceso irreversible, de ahí su importancia y gravedad. Busca información sobre algunas especies que se han extinguido en los últimos siglos.
2. ¿Qué tipos de especies crees que serán más vulnerables, las endémicas o las que tienen mayor distribución? ¿Por qué?



Principales cambios en los ecosistemas que pueden ocurrir en función del incremento de la temperatura.

Fuente: IPCC 2007.

C.35

En relación con los cambios en los ecosistemas, el IPCC 2007 resume lo que debe servirnos para valorar mejor la situación, y que quizá sea conveniente presentarlo al alumnado.



IPCC 2007

“Los siguientes ecosistemas se identifican como los más vulnerables y es prácticamente cierto que experimenten los impactos ecológicos más severos, incluida la extinción de especies y cambios fundamentales en el bioma. En tierra son: ecosistemas de tundra, bosque boreal, montaña, y tipo mediterráneo. En la costa: manglares y marismas de agua salada. En océanos: arrecifes de corales y biomas de hielo marino.

Gozarán de impactos ecológicos positivos primarios, tales como el aumento de la productividad primaria neta (PPN), ecosistemas identificados como menos vulnerables: sabanas y desiertos pobres en especies. Sin embargo, estos efectos positivos dependen de una fertilización por CO₂ mantenida, y de cambios sólo moderados en regímenes de alteraciones (por ejemplo, incendios) y en fenómenos extremos (por ejemplo, sequías).

Es tan probable como improbable que el secuestro de carbono proyectado por la expansión de la taiga hacia los polos se compense mediante cambios en el albedo, los incendios y la disminución de los bosques en el límite ecuatorial de la taiga, así como mediante las pérdidas de metano de la tundra.

Es muy probable que el secuestro de los bosques tropicales, a pesar de las ganancias en la producción observadas recientemente, dependa de las tendencias del cambio en el uso de los terrenos, pero es muy probable que esté dominado por los impactos del cambio climático, sobre todo en las regiones secas.

Es muy probable que los bosques del Amazonas, la taiga China, y la mayoría de la tundra de Canadá y Siberia muestren cambios clave con una temperatura media mundial que supere los 3 °C. Si hay un calentamiento mayor de 2 °C, por un lado se pronostica una expansión de los bosques en América del Norte y de Eurasia, y por otro es probable que los bosques tropicales experimenten impactos severos que incluyan pérdidas de la biodiversidad.

Si la temperatura media mundial aumenta aproximadamente de 1,5 a 3 °C, es probable que se extiendan las zonas de baja productividad en océanos subtropicales en aproximadamente

un 40% (hemisferio norte) y un 10% (hemisferio sur), pero es muy probable que la producción de biomas de hielo marino polar se reduzca aproximadamente en un 40% (hemisferio norte) y aproximadamente en un 20% (hemisferio sur).

A medida que se reducen los biomas de hielo marino, es muy probable que las especies polares que dependen de ellos, incluidos depredadores como los pingüinos, las focas y los osos polares, experimenten la degradación y pérdida del hábitat.

Es muy probable que en los próximos 50 años desaparezcan los corales debido a la decoloración, especialmente en la Gran Barrera de Arrecifes, donde se pronostica que el cambio climático y los impactos antropogénicos directos como la contaminación y la pesquería, causen cada vez más decoloración año tras año (aproximadamente de 2030 a 2050), seguida de una mortalidad masiva.

Es prácticamente cierto que la liberación acelerada del carbono proveniente de reservas vulnerables de carbono, principalmente turberas, arcilla congelada de la tundra (“yedoma”), permafrost y bosques boreales y tropicales.

Es probable que se intensifiquen y expandan los incendios descontrolados en todo el mundo, a medida que aumentan las temperaturas y los periodos secos son más frecuentes y persistentes.

Es probable que una mayor variabilidad en la precipitación ponga en peligro a las especies que habitan tierra adentro y en humedales costeros debido a cambios en el tiempo, duración y profundidad de los niveles de agua.

Es muy probable que disminuya aún más el pH de la superficie oceánica, incluso en 0,5 unidades de pH para 2100, con aumentos de CO₂ atmosférico proyectados en el escenario A1FI. Esta situación probablemente perjudique a la formación de caparzones o esqueletos en los organismos marinos que necesitan carbonato de calcio (por ejemplo, los corales, los cangrejos, los calamares, los caracoles marinos, las almejas y las ostras).”



A.36. ¿Podemos aceptar una situación así?

A partir de la información siguiente:

1. Resume las ideas principales que figuran en ella.
2. A tu juicio, ¿qué deberían hacer los países industrializados para evitar situaciones como ésta?



LALI CAMBRA • *El País*, Ciudad del Cabo, 5 de diciembre de 2007

África sufre lo que contaminan otros

Sequías e inundaciones amenazan el continente que menos ensucia el planeta

Madagascar ha padecido seis ciclones este año. Hace unos meses, el África ecuatorial de este a oeste, sufría inundaciones. Las olas del Índico cada vez lamen más costa keniana y los pescadores temen que un día sus casas desaparecerán engullidas por las olas. El lago Chad se seca, los pescadores se han hecho agricultores y donde antes se cobraban piezas de más de un metro, ahora se plantan hortalizas. Los campesinos de Suráfrica, Lesoto, Suazilandia o Zimbabue miran al cielo con desconfianza: llevan tres sequías en una década, cuando antes la relación era de una cada diez años. En el cuerno de África, la comida llega en forma de ayuda humanitaria y los pastores nómadas no tienen con qué alimentar a sus rebaños. Se desconoce hasta qué punto es atribuible al cambio climático, pero sí se sabe que África, el continente que menos ha contribuido al calentamiento del planeta, es el que más va a sufrirlo.

“El estado de Tejas, con 23 millones de personas, emite más CO₂ que los 720 millones de residentes en el África subsahariana”, reza el informe sobre África del Panel Intergubernamental para el

Cambio Climático de las Naciones Unidas. “Si los pobres del mundo consumieran la misma energía que Estados Unidos o Canadá, se necesitarían nueve planetas para lidiar con la contaminación”. Mientras, los pescadores de Ngomeni, un pueblo a cien kilómetros al norte de Mombasa, Kenia, han reconstruido sus casas dos veces en un año porque los niveles del mar siguen subiendo. Poniendo puertas al viento, construyen diques con basura, ya que no disponen de nada mejor.

Los niveles del mar, de acuerdo con el Panel Intergubernamental, crecerán en el Índico, aunque preocupan más los países del Atlántico: Senegal, Gambia, Costa de Marfil o Nigeria, en cuyas costas vive gran parte de la población, que se convertirán en refugiados internos. Por otro lado, se esperan mayores sequías en los países del Cuerno de África. Algo que ya ocurre, y “afecta a millones de agricultores cuya supervivencia depende de la llegada de las lluvias. Son la mayoría de los campesinos”, explica Richard Lee, portavoz del Programa Mundial de Alimentos. “Además de hacerlos más vulnerables, con el cambio climático habrá más desastres naturales, como ciclones e inundaciones. Ya los estamos viendo”.

“El cambio climático tiene mayor impacto en África porque se produce en países pobres, sin opciones para cambiar de actividad económica”, explica Mark Tadross, ingeniero ambiental de la Universidad de Ciudad del Cabo (UCT), quien participa en un estudio para prever el cambio climático, algo vital para que el campesino sepa si puede esperar agua o no, y sustituir los cultivos de maíz, dependientes de la lluvia, por los de sorgo o mijo, más resistentes”. En Lesoto, que afronta la peor sequía en treinta años, se ha dejado el



sigue>

>continúa

tractor a un lado y las semillas se plantan en pequeños cubículos con tierra, que retienen la escasa lluvia. En el continente africano, el aumento de las temperaturas puede suponer un mayor número de infectados por malaria, ya que el mosquito que la transmite podrá sobrevivir a mayor altura o por más tiempo. La escasez de agua potable por falta de lluvias o inundaciones hará aumentar los casos de cólera, disentería o diarreas, la primera causa de mortalidad infantil en la región. Y no hay que olvidar que la competencia por recursos escasos, como el agua, puede exacerbar conflictos entre nómadas y agricultores.

El cambio climático no sólo afecta a los humanos. La corriente de Benguela (en la zona del Atlántico de Suráfrica, Namibia y

Angola), según científicos consultados, está cambiando. Muy fría, plagada de nutrientes, era un paraíso para las especies marinas. Ahora las sardinas, por ejemplo, están dirigiéndose hacia el Índico y se desconocen las consecuencias que esto va a tener para la supervivencia de pájaros marinos únicos, o pingüinos y focas. Y para la industria pesquera de la zona, incluida la española, que opera en el caladero de Namibia. El cambio climático en los animales, que también deberán competir por un agua escasa, y en el paisaje, tendrá además repercusiones en la esperanza blanca del continente: el turismo.

Aun así, China o India han recibido más ayudas para luchar contra los efectos del cambio climático que África.

C.36 Como apoyo de esta actividad puede ser útil comentar el escrito de Sunita Narain que figura en el Informe sobre el Desarrollo Humano 2007-08 (PNUD).



SUNITA NARAIN • Informe sobre el Desarrollo Humano 2007-08

“El cambio climático está cambiando el mundo para siempre y para peor, mucho peor. Estamos seguros de eso.

Lo que debemos aprender ahora es cómo ‘sobrellevar’ este cambio climático y cómo podemos (y debemos) evitar esta catástrofe reduciendo nuestras emisiones. Es un hecho que incluso con el aumento actual de la temperatura —aproximadamente 0,7 °C desde mediados del siglo XIX hasta hoy— estamos empezando a sentir la destrucción por todas partes. Sabemos que estamos siendo testigos de un aumento de fenómenos climáticos extremos. Sabemos que las inundaciones han azotado a millones en toda Asia, que los ciclones y tifones han destruido asentamientos enteros en zonas costeras y que las olas de calor han causado la muerte de personas incluso en el mundo desarrollado. Y la lista continúa.

Pero lo que debemos recordar es que estos daños son limitados. Que vivimos tiempo prestado. Si éste es el nivel de destrucción que resulta de sólo un aumento leve de la temperatura, pensemos qué ocurrirá cuando la temperatura suba otros 0,7 °C, que es la cifra inevitable para los científicos, resultado de las emisiones que

hemos lanzado a la atmósfera. Luego, pensemos en lo que ocurrirá si somos aún más irresponsables y las temperaturas aumentan 5 °C, como se predice si se mantiene el comportamiento actual. Sólo pensemos: es la diferencia de temperatura entre la última era glacial y el mundo que hoy conocemos. Pensemos y actuemos.

Hoy sabemos que sobrellevar el cambio climático no es una nueva ciencia sofisticada y compleja, sino que tiene que ver con el desarrollo. Los pobres ya viven en los márgenes de la subsistencia. Su capacidad de resistir la siguiente sequía, la próxima inundación o el siguiente desastre natural ya está al límite. La adaptación significa invertir en todo lo que fortalezca la capacidad de resistir y recuperarse de las sociedades, particularmente de los más pobres y más vulnerables al clima.

La adaptación significa un desarrollo que beneficie a todos. Pero ese desarrollo necesita más inversiones y reacciones más ágiles.

Aquello es sólo una parte de lo que se necesita. La otra, más difícil, es reducir drásticamente nuestras emisiones. No hay

sigue>

>continúa

otra verdad. También sabemos que las emisiones están vinculadas con el crecimiento y éste con el estilo de vida. Debido a ello, los esfuerzos para reducir las emisiones se han quedado más bien en la retórica y no se han traducido en acción. Esto deberá cambiar.

Deberá cambiar incluso si aprendemos otra verdad: vivimos en un solo planeta Tierra y para vivir juntos tenemos que compartir

sus recursos. El hecho es que incluso si el mundo desarrollado reduce su huella ecológica, el mundo más pobre debe ganar espacio ecológico para aumentar su riqueza. Es el derecho al desarrollo.

La única pregunta es si podemos aprender nuevos modos de crear riqueza y bienestar. La única respuesta es que no tenemos alternativa.”



A.37. ¿Qué podemos hacer?

El problema al que nos enfrentamos es grave, pero no debe caerse el error de considerar que la situación no tiene arreglo. Lo que hay que hacer es analizar el problema, asumir las conclusiones y actuar en consecuencia. Los científicos del IPCC han analizado la situación y han ofrecido innumerables datos que avalan sus conclusiones. Sin embargo, muchos Gobiernos de los países se han resistido a aceptar bien que hay un cambio climático en marcha o bien la responsabilidad humana en él.

1. En la reunión celebrada en Valencia en noviembre de 2007, representantes de 130 países terminaron aceptando la responsabilidad humana en el cambio climático. ¿Por qué crees que algunos Gobiernos han mostrado tanta resistencia?
2. ¿Qué le dirías a un representante del Gobierno para convencerlo de la necesidad de adoptar medidas contra el cambio climático?



RAFAEL MÉNDEZ / SARA VELERT • Valencia, 14 de noviembre de 2007

Los gobiernos aceptan atribuir al hombre el calentamiento global

El pacto de Valencia desautoriza a los escépticos al asumir la evidencia científica

Si alguien quería intentar dinamitar el acuerdo científico de que la causa del cambio climático es la actividad humana tuvo ayer su oportunidad. Pero nadie quiso. Los 450 delegados de 130 países reunidos en Valencia aceptaron el texto preparado por los científicos del Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) que atribuye al hombre —con más del 90% de probabilidades— el calentamiento de los últimos 50 años. Según fuentes de la reunión, que se celebra a puerta cerrada, el texto salió adelante sin apenas polémica ni cambios.



© EIL. PAÍS, SL: Carles Francesc

sigue>

>continúa

Puede que el pacto no sea muy relevante científicamente al tratarse de un tema zanjado, pero tiene un gran calado político. Por un lado, demuestra que no quedan gobiernos que nieguen en voz alta la influencia del hombre sobre el clima y por otro, el texto será la base para la negociación del nuevo tratado que sustituya al de Kioto.

La reunión de Valencia avanza más lentamente de lo previsto. Por párrafos, los delegados reunidos a puerta cerrada revisan el texto redactado por un equipo científico que sintetiza en 22 páginas los tres informes sobre el cambio climático que el IPCC ha aprobado a lo largo del año. Hay discusiones muy técnicas sobre casi cada coma, pero los datos son inamovibles. Ayer a las 20.15, la cumbre revisaba la página ocho y decidió prolongar la sesión hasta pasadas las diez de la noche.

A primera hora de la tarde, la reunión afrontó el primer párrafo de la página siete, probablemente el más polémico del informe: “La mayor parte del incremento observado en las temperaturas

medias desde la mitad del siglo XX se debe, muy probablemente, al incremento observado en los gases de efecto invernadero antropogénicos [de origen humano]”. La traducción no es oficial porque sólo se trabaja con un texto en inglés.

El IPCC detalla que cuando dice “muy probablemente” quiere decir “con más del 90% de probabilidades, y es lo más a lo que científicamente se puede llegar. El borrador añade acto seguido que en esos 50 años “la suma de los forzamientos solares y volcánicos habrían producido probablemente un enfriamiento, no calentamiento” del planeta.

“El párrafo ha pasado sin demasiados problemas. Los países saben que ya es tarde para rebajar este punto”, explicó uno de los presentes. De hecho, las enmiendas sobre ese punto, incluida la de Estados Unidos, pretendían aclarar la redacción del efecto de la radiación solar y los volcanes porque la consideraban confusa.

C.37

Como se indicó en los comentarios a la A.1, aunque resulta imprescindible analizar el problema del cambio climático y valorar sus consecuencias, es necesario evitar la sensación de fatalismo. Muy al contrario, si resulta crucial el tratamiento de este problema en el aula es porque es una situación sobre la que podemos y debemos intervenir. Que la situación futura sea más o menos grave dependerá en buena medida de lo que hagamos hoy. En otras palabras, el tratamiento del cambio climático en el aula debemos entenderlo como una excelente ocasión para favorecer cambios de comportamiento en el alumnado y animarlos a que adopten posiciones más responsables, solidarias y activas.



A.38. Cómo se construye una argumentación.

Seguramente, el mensaje al representante del Gobierno al que se refiere la actividad anterior puedes mejorarlo si aprendes a construir una argumentación. Argumentar es emitir un juicio razonado. La argumentación va dirigida a un interlocutor (que puede, o no, estar presente) con la intención de convencerlo. No todas las argumentaciones siguen la misma estructura. En cualquier caso, una argumentación debe incluir:

- **Idea de partida.** Afirmación sobre la que se organiza la argumentación.
- **Datos.** Son cifras, hechos o declaraciones que se usan como evidencias que apoyan una afirmación.
- **Justificaciones.** Frases que explican la relación entre los datos y la idea de partida. Pueden incluir conocimientos teóricos en los que se basa la justificación (fundamentos).

- **Conclusión.** Idea final que se deduce de la argumentación. Puede, o no, coincidir con la idea de partida pero tiene que derivarse del cuerpo de la argumentación.

1. Mi idea de partida es...	El Real Madrid es el mejor equipo de fútbol de España.	La actividad humana está causando un cambio climático de graves consecuencias.
2. Los datos en los que se basa son...	Es el que más campeonatos de Liga ha ganado.	
3. Estos datos apoyan mi idea porque... (justificaciones)	Como todos los equipos compiten entre sí cada año para ganar la Liga, el que consigue ganarla es el mejor de ese año. El que más veces la ha ganado debe ser el mejor.	
4. En consecuencia... (conclusión)	El Madrid es el mejor equipo de fútbol de España.	

La argumentación mejora si se ofrecen **más datos** que apoyan la idea de partida y se incluye además:

- **Refutaciones o contraargumentos.** Enunciados que contradicen datos, bien de los que se han ofrecido o bien de los defendidos desde posiciones contrarias.
- **Comparaciones** con otras ideas alternativas, indicando **ventajas** e **inconvenientes**.

2.2. Y... (más datos)	También ha sido el que más copas de Europa ha ganado.
3.2. Es verdad que... (refutaciones)	No siempre gana el que mejor juego hace. Ha habido años en los que el Barça ha jugado mejor y ha ganado el Madrid.
3.3. Comparaciones (ventajas e inconvenientes)	Sin embargo, la belleza del juego tiene el inconveniente de ser un criterio muy subjetivo y sobre esa base resultaría difícil ponerse de acuerdo.

1. Elabora una argumentación contraria a la idea de que “el Real Madrid es el mejor equipo de fútbol”. Recuerda que no basta con hacer afirmaciones o negaciones, la argumentación debe basarse en datos y estar justificada.

2. Construye una argumentación en defensa de la idea de “la actividad humana está causando un cambio climático de graves consecuencias”.


C.38 Argumentar es algo más que opinar. Es un procedimiento que los científicos usan habitualmente para mostrar la utilidad de una idea o las ventajas de una teoría o de un método sobre otro. Pero también es un procedimiento al que se recurre frecuentemente en la vida cotidiana y puede proporcionarnos bases y criterios para formarnos una idea fundada sobre, por ejemplo, la dieta que nos conviene, la clonación terapéutica, las bases del cambio climático, etc., para defender nuestras ideas o para valorar si la información que se nos proporciona está fundada o es simple propaganda.

El desarrollo de la competencia argumentativa constituye uno de los aprendizajes claves en la enseñanza de las ciencias al que no siempre le dedicamos la atención que se merece (*Osborne et al., 2004*).



A.39. Evitar la tala de bosques.

En diciembre de 2007, se reunieron en Bali (Indonesia) delegados de 180 países para intentar llegar a un acuerdo sobre la reducción de las emisiones de CO₂. En esa reunión los países tropicales exigieron a los países ricos que los compensasen por mantener sus bosques.

1. Recoge los datos e ideas más importantes que figuran en la información que se presenta.
2. ¿Cómo valoras la posición de los países tropicales?
3. Busca información sobre el resultado de la reunión de Bali. Por ejemplo en el portal de Naciones Unidas para el Cambio Climático:  <http://www.un.org/spanish/climatechange/>



El País, lunes 10 de diciembre de 2007

No hay acuerdo sobre cómo ni con cuánto dinero, pero la cumbre del Clima de Bali (Indonesia) comienza a asumir que a partir de 2012 los países ricos deberán compensar a los tropicales por sus bosques. No se trata de pagarles para que reforesten sino algo mucho más rompedor: compensarles (con dinero o derechos de emisión, está por ver) para que mantengan los pulmones del planeta como están, para que no talen, ya que el 20% de las emisiones de CO₂ proceden actualmente de la tala de bosques. Indonesia pierde cada año el 2% de su superficie forestal, lo que le ha convertido en uno de los grandes contaminadores del planeta y quiere, junto a países como Brasil, Ecuador,

México, Papua o Congo, poner el asunto en primer plano. Por eso es por lo que Indonesia acoge en Bali la cumbre del clima.

Las iguanas cruzan perezosas las calles de Nusa Dua, el gigante complejo hotelero en el que más de 15.000 delegados de 180 países comenzaron el lunes pasado la negociación para alcanzar un acuerdo que en 2012 sustituya al Protocolo de Kioto. En ese pacto, los países ricos se comprometieron a reducir sus emisiones un 5,2% en 2010 respecto a 1990. Hay que renovarlo para que en enero de 2013 entre en vigor otro mucho más ambicioso, con una reducción de emisiones de entre el 25% y el 40%.

sigue>

>continúa

De Bali no saldrá un reparto de emisiones ni acuerdos cerrados sino un mandato, el mapa con el que negociar para que en 2009 haya un nuevo texto. Y en ese mandato es donde se incluirá probablemente una mención a los incentivos para evitar la deforestación. El momento no podía ser mejor para la reunión. Con el Premio Nobel que hoy reciben Al Gore y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, y tras dos años en los que la conciencia mundial sobre el calentamiento global ha crecido exponencialmente, todos los ojos están puestos en Bali.

Este pequeño enclave del Pacífico, una isla hinduista en un país de 200 millones de musulmanes, está tomado por la policía. Para entrar en el complejo hotelero —casi todas las grandes cadenas, desde Meliá a Hilton tienen su megahotel— policías armados hasta los dientes revisan hasta el bajo de los coches. El atentado islamista que en 2002 azotó la isla ha hecho extremar la seguridad, ya que el miércoles comienzan a llegar ministros de todas partes del mundo.

Las posiciones de partida no pueden ser más distintas: Europa quiere conseguir una gran reducción de emisiones, Estados Unidos, que esto se acabe cuanto antes, y China, India y el resto de los países emergentes, dinero para seguir creciendo (y contaminando)... Pero si algo ha unido a los países más dispares es que el acuerdo que sustituya a Kioto debe incluir una compensación a los que mantengan sus bosques.

Daniel Murdiyarto es un climatólogo indonesio del Centro Internacional para la Investigación Forestal (CIFOR). Está especializado en adaptación de los bosques tropicales al cambio climático. “La deforestación es la segunda causa de las emisiones de gases de efecto invernadero. Cada año, la pérdida de bosques supone la emisión a la atmósfera de 6.000 millones de toneladas de CO₂. Sólo conseguir reducir a la mitad esa cantidad sería ya un gran éxito y tendría un gran impacto”, explica en Bali a este diario. Para eso hacen falta entre 5.000 y 10.000 millones de dólares al año, añade.

Murdiyarto sabe de lo que habla, ya que vive en la vecina isla de Java. Mientras que el turismo ha salvado a Bali de la deforestación, Java ha sucumbido a las llamas y a la producción de aceite de palma para alimentación, cosmética y biocombustibles que se usan en Europa y Estados Unidos. Indonesia pierde el 2% de sus



bosques al año, lo que, según el Banco Mundial, lo coloca “entre los grandes emisores industriales de gases de efecto invernadero, como China y Estados Unidos”. Un informe de Greenpeace presentado en Bali denuncia que el archipiélago indonesio, con menos del 0,1% de la superficie terrestre, emite el 4% de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Hay acuerdo en que el objetivo de reducir las emisiones entre un 25% y un 40% en todo el mundo para estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero será prácticamente imposible sin atajar la deforestación. Y los países tropicales, que albergan los pulmones del planeta (los árboles al crecer absorben CO₂ y al quemarse lo liberan) se han lanzado a aprovecharlo.

Brasil, Indonesia, Ecuador, Tanzania, Liberia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, India, los países de la cuenca del Congo, entre otros, reclaman ser compensados por esos bosques. “En Bali se discutirá el precio que los ricos tienen que pagar”, ha declarado enérgico Lula da Silva en relación a la “deforestación evitada”,

concepto que ganará peso en los próximos años.

En Kioto no se incluyeron ayudas a quienes mantuvieran sus bosques, aunque sí había incentivos para reforestar. Y eso ha hecho que Brasil, que llega con buena nota al conseguir por tercer año consecutivo frenar la destrucción de la Amazonia, no tenga más incentivos que Indonesia.

Es más que probable que en Bali no haya un texto cerrado. La contabilidad de los bosques se presta al trapeicheo y tampoco está claro cómo se pagaría: algunos países forestales piden dinero directamente; otros, financiación para los pobres que cuidan los bosques; otros, créditos de carbono para vender en el mercado internacional; otros, más permisos para emitir; y algunos, un fondo mil millonario internacional.


Los países ricos tienen claro que en el tratado que sustituya a Kioto tendrán que estar (aunque sea con compromisos voluntarios de emisiones o de generación con renovables) países como China, India, Brasil o Indonesia, que suman más de 2.800 millones de habitantes y son cuatro de los cinco países más poblados del planeta. Tienen las mayores reservas forestales. Y buena parte de la solución al cambio climático.



A.40. De Kioto a Bali.

En 1997 los países industrializados se reunieron en la ciudad de Kioto y firmaron un acuerdo, el *Protocolo de Kioto*, para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero que entró en vigor en 2005. A pesar de sus limitaciones e incumplimientos que han sido revisados por los acuerdos de Bali (diciembre de 2007), la Unión Europea ha puesto en marcha 42 medidas que implican:

- Incrementar el uso de las energías renovables (eólica, solar, biomasa, geotérmica, mareas), de manera que se frene la quema de combustibles fósiles.
- Mejorar la eficiencia de los automóviles.
- Mejorar la eficiencia energética de los electrodomésticos.
- Fomentar la eficiencia energética en edificios.
- Impulsar la investigación científica y el desarrollo tecnológico que tenga como objetivos la eficiencia energética, el uso de energías renovables y la retención del CO₂.
- Proteger y mejorar los sumideros naturales de gases de efecto invernadero. Los principales sumideros naturales de CO₂ son la vegetación y el océano.
- Investigar y experimentar tecnologías que actúen como sumideros artificiales de CO₂, como el almacenamiento en el fondo oceánico y en formaciones geológicas profundas.

1. Indica cuál es el sentido y utilidad de cada una de estas medidas.
2. ¿Conoces la etiqueta de eficiencia energética de la UE que informa sobre el consumo medio de un electrodoméstico? Puedes encontrar información en el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía:  <http://www.idae.es/index.asp?i=es>
3. ¿Por qué se consideran la vegetación y el océano sumideros naturales?



Electrodoméstico con etiqueta de eficiencia energética de la UE. Fuente: Comisión Europea, Dirección General de Medio Ambiente.



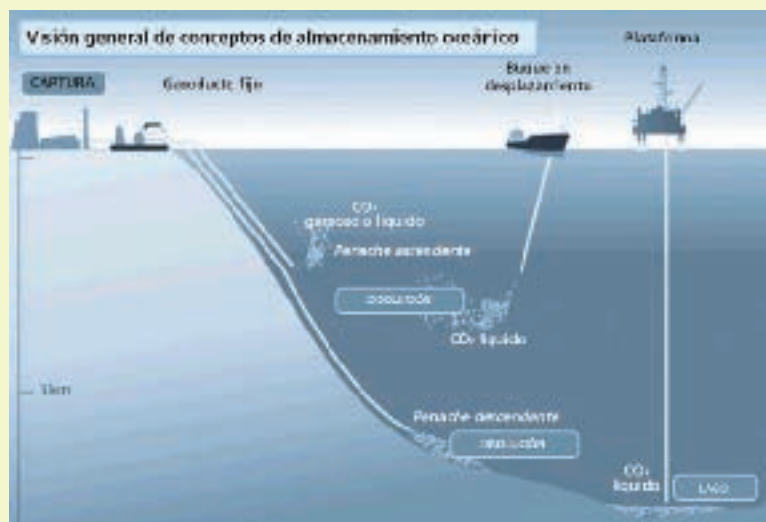
A.41. El peligro de los sumideros antropogénicos.

Los sumideros antropogénicos son tecnologías diseñadas para retirar los gases de efecto invernadero producidos antes de que sean emitidos a la atmósfera, almacenándolos en lugares en los que permanezcan un tiempo que resulte relevante desde la perspectiva climática. Los sistemas más importantes son la inyección de estos gases en formaciones geológicas profundas y en el océano y se encuentran en fase de investigación y desarrollo.

En el almacenamiento oceánico el CO_2 comprimido se inyecta en las aguas oceánicas por debajo de 1 km de profundidad para que se disuelva en el agua. También puede depositarse a más de 3.000 metros de profundidad, condiciones en las que el CO_2 líquido es más denso que el agua formando una especie de “lago” en el fondo oceánico. El principal riesgo del almacenamiento oceánico es que se proporciona mayor acidez a las aguas, lo que afectaría negativamente a los organismos marinos.

1. El almacenamiento oceánico presentan algunos riesgos, como la posibilidad de escapes durante su proceso de captura o de transporte y, sobre todo, el incremento de la acidez de las aguas. ¿Por qué aumenta la acidez? ¿Qué consecuencias puede tener dicho incremento?
2. Busca información sobre el almacenamiento geológico. Por ejemplo en el portal de Naciones Unidas para el Cambio Climático: @ <http://www.un.org/spanish/climatechange/background/ghg.shtml>

Almacenamiento oceánico de CO_2 comprimido. Fuente: PNUMA.



C.41 Una buena síntesis de la noción de sumidero, sus posibilidades y sus riesgos se incluye en *Cambio global*, Duarte (coord.), 2006.



CARLOS DUARTE • *Cambio global*

“Se denomina sumidero a cualquier proceso, actividad o mecanismo que retira de la *atmósfera* un *gas de efecto invernadero*, un aerosol o un precursor de gases de efecto invernadero por un periodo de tiempo relevante climáticamente.

Existen sumideros naturales como son los procesos de captación de CO₂ atmosférico por parte de la vegetación terrestre, su acumulación en los sedimentos de lagos y su acumulación en las aguas intermedias y profundas y sedimentos de los océanos, que actualmente almacenan gran parte del CO₂ emitido por la actividad humana. Sin embargo, con el fin de poder mitigar las consecuencias del efecto invernadero se han hecho propuestas y experimentos para disminuir el CO₂ atmosférico consistente en separación de CO₂ emitido por la industria, su transporte y almacenamiento a largo plazo. Esto sería un sumidero forzado que el IPCC considera como una de las opciones en la cartera de medidas de mitigación para la estabilización de concentraciones atmosféricas de gases de efecto invernadero.

Dos ejemplos de este tipo de tecnologías de sumidero de CO₂ se realizan mediante su inyección en formaciones geológicas y en el océano, lo que es económicamente viable, aunque se sigue investigando. Existen varias opciones de almacenamiento geológico, inyectando CO₂ en formaciones salinas, acuíferos profundos o yacimientos agotados de petróleo y gas a profundidades mayores de 800 m. A una profundidad de más de 800 m, el CO₂ adquiere una densidad de líquido (entre 500 y 800 kg por m³). El almacenamiento en capas de carbón puede realizarse a menos profundidad y depende de la adsorción de CO₂ por la hulla. La viabilidad técnica depende en gran medida de la permeabilidad de la capa de carbón. La combinación del almacenamiento de CO₂ con la recuperación mejorada de petróleo o de metano en

capas de carbón podría propiciar ingresos adicionales de la recuperación de petróleo o gas.

Existen tres proyectos de almacenamiento a escala industrial en funcionamiento: el proyecto Sleipner en una formación salina marítima en Noruega, el proyecto Weyburn de recuperación mejorada de petróleo en el Canadá, y el proyecto In Salah en un yacimiento de gas de Argelia. Se continúan desarrollando tecnologías y métodos para la ejecución de almacenamiento geológico.

El almacenamiento oceánico podría llevarse a cabo de dos formas: mediante la inyección y disolución de CO₂ en la columna de agua (por lo general, a más de 1.000 metros de profundidad) por medio de un gasoducto fijo o un buque en desplazamiento, o mediante el depósito de CO₂ por medio de un gasoducto fijo o una plataforma marítima en el fondo oceánico a más de 3.000 m de profundidad, donde el CO₂ tiene mayor densidad que el agua y se espera que forme un “lago” que retrasaría la disolución de CO₂ en el entorno. El almacenamiento oceánico y su impacto ecológico aún están en fase de investigación, ya que preocupa que la disolución del CO₂ reduzca el pH del agua de mar, acidificándola y afectando así a los organismos carbonatados.

El CO₂ disuelto pasaría a formar parte del ciclo global del carbono y, llegado el momento, se estabilizaría con el CO₂ de la atmósfera. En los experimentos de laboratorio, los experimentos oceánicos a pequeña escala y las simulaciones con modelos, las tecnologías y los fenómenos físicos y químicos conexos, que incluyen, en particular, el aumento de la acidez y sus efectos en los ecosistemas marinos han sido estudiados para diversas opciones de almacenamiento oceánico.”



A.42. Qué puedes hacer tú.

Todos podemos y debemos luchar contra el cambio climático. La Unión Europea nos hace algunas sugerencias que pueden resultar muy útiles:

- *Recicla.* Reciclar 1 kg de latas de aluminio usadas consume diez veces menos energía que producirlas, y se utiliza mucha menos energía para fabricar papel a partir de periódicos viejos que de la pulpa de madera.

- Ahorra agua caliente tomando duchas en vez de baños: consumirás cuatro veces menos energía.
- No olvides apagar las luces cuando no hagan falta. Los hogares son responsables del 30% del consumo de electricidad en la UE, de manera que si todos ahorramos electricidad, el efecto será considerable.
- Cuando tengas que comprar bombillas, prueba las de bajo consumo: duran más y usan cinco veces menos electricidad que las convencionales.
- No dejes el televisor, la cadena o el ordenador en modo de espera (*standby*): es el modo en que queda encendida una lucecita roja. En promedio, el 45% de la energía que consume un televisor lo hace en modo *standby*. Si todos los europeos evitaran este modo, ahorrarían la electricidad que consume un país del tamaño de Bélgica.
- No dejes tampoco el cargador del móvil enchufado cuando no estés cargando el teléfono. Si lo haces, el 95% de la electricidad se pierde: sólo el 5% se usa realmente para recargar la batería del móvil.
- Si tú o tus padres compráis un nuevo electrodoméstico, por ejemplo un frigorífico o una lavadora, cercioraos de que la etiqueta europea de eficiencia energética que todo electrodoméstico debe llevar sea "A": esto garantiza que hace un uso muy eficiente de la energía.
- Busca productos que lleven la etiqueta ecológica europea, simbolizada por una florecita, en tiendas y supermercados. Esto significa que los han fabricado ajustándose a normas medioambientales estrictas.
- No pongas la calefacción muy alta. Bajar la temperatura en sólo 1 °C puede reducir hasta en un 7% la factura energética de una familia.
- Para ventilar, abre la ventana de par en par durante unos minutos y luego vuélvela a cerrar, en vez de dejar que el calor se escape durante mucho rato.
- El automóvil particular es responsable del 10% de las emisiones de CO₂ de la UE. El transporte público, la bicicleta y la marcha a pie son alternativas más baratas y saludables.
- Si tus padres van a comprar un coche nuevo, pídeles que sea un modelo pequeño y eficiente. De acuerdo con la legislación europea, los fabricantes de automóviles deben mostrar la información relativa a la cantidad de CO₂ que emiten sus automóviles.
- Planta un árbol en la escuela, en el jardín o en el barrio. Cinco árboles absorben habitualmente una tonelada de CO₂ a lo largo de su vida.



Algunas sugerencias para el ahorro energético. Fuente: Comisión Europea, DGMA.

1. La unión Europea ha elaborado un documento dirigido a los jóvenes cuyo título es “Recicla, camina, apaga, baja... ¡Comprométete!”. Clasifica cada una de las recomendaciones anteriores en los apartados recicla, camina, apaga, baja y otras actividades. Completa esa clasificación con otras actividades que puedan adoptarse y vayan en la misma línea.
2. Haz un póster en el que se anime a los demás a realizar pequeños cambios en su comportamiento que contribuyan a reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂.
3. Habla con la dirección de tu centro para que se adopten medidas en relación con el ahorro de energía, calefacción y reciclado de papeles.
4. Organiza una marcha en bici con algún patrocinador y utiliza la recaudación para una campaña contra el cambio climático.

C.42 Trabajar sobre el cambio climático nos proporciona una excelente oportunidad para contribuir a la formación de una ciudadanía mejor informada, más sensible y socialmente concienciada que asuma sus responsabilidades. No debemos desaprovecharla.



A.43. Sobre la incertidumbre en la ciencia.

1. A veces se señala que en el debate sobre el cambio climático hay intereses económicos pero que no son los de las petroleras sino los de las centrales nucleares que están haciendo recaer en la quema de combustibles fósiles toda la responsabilidad. ¿Crees que todo puede ser un montaje para promocionar de nuevo las centrales nucleares? ¿Existe relación entre la quema de combustibles fósiles y el cambio climático? ¿Qué datos hay al respecto?
2. Indica alguna teoría antigua que haya sido sustituida por otra. ¿Crees, como se dice en el texto de la siguiente página, que todas las teorías científicas están abocadas a ser sustituidas por otras? ¿Tiene todo esto alguna relación con la incertidumbre en la ciencia?
3. Es frecuente oír en los medios de comunicación generalizaciones acríicas del tipo “este huracán es una prueba del cambio climático”. ¿Puede un huracán o una ola de calor ser una prueba del cambio climático? ¿Por qué?

C.43 Como se ha indicado, un objetivo básico de esta materia es ayudar a superar una visión simplista de la ciencia. En el caso que analizamos se dan dos circunstancias que están influyendo en la información que transmiten los medios de comunicación: a) el problema afecta directamente a importantes intereses económicos e intereses políticos relacionados con ellos, y b) nos enfrentamos a un problema abierto, en pleno proceso de investigación y cuyas proyecciones a medio y largo plazo ofrecen incertidumbres.

Ambas circunstancias favorecen la difusión de opiniones sesgadas, cuando no carentes de fundamento a las que con frecuencia se les otorga la misma validez que a análisis científicos rigurosos. De manera que estamos ante una excelente ocasión para trabajar con los

estudiantes cuestiones como las diferencias entre opiniones personales y conclusiones de una investigación, o entre datos e interpretaciones, o sobre el papel de la incertidumbre en la ciencia o, en definitiva, sobre cómo se construye la ciencia.

El cambio climático es, efectivamente, un problema abierto para el cual no existe una respuesta única ni definitiva —por eso hay tantos científicos ocupados en su investigación— y como tal debe plantearse en el aula. Pero que se trate de un problema abierto no significa, obviamente, que se carezca de datos, observaciones y teorías para su tratamiento y análisis, gracias a los cuales disponemos ya de un consenso general acerca de aspectos claves del problema, de sus causas y de sus principales consecuencias. De manera que negar este acuerdo básico de los investigadores sólo puede hacerse desde la defensa de intereses espurios o desde la ignorancia.



Chimeneas de ventilación de una central eléctrica. Fuente: Comisión Europea, DGMA.



CARLOS DUARTE • *Cambio global*

“El cambio global es un problema en el que concurren importantes intereses, muchas veces con un trasfondo económico, que son particularmente aparentes en el caso del uso de los combustibles fósiles y su papel en el cambio climático, que podría afectar a petroleras, empresas del sector, industrias asociadas (por ejemplo el automóvil) y los intereses económicos de poderosos países productores. En la presencia de fuertes intereses, económicos, políticos y corporativos, enfrentados en torno a la cuestión es preciso estar alerta a campañas de desinformación.

Uno de los baluartes de estas campañas de desinformación es y sigue siendo la incertidumbre científica. Como hemos indicado ya, la incertidumbre es una característica inherente a la ciencia moderna (...) Todas las teorías científicas que se pueden encontrar hoy en

día en los libros de texto son inciertas y están abocadas a ser sustituidas por otras teorías que expliquen mejor y de forma más sencilla y general las observaciones. Éste es el motor de la ciencia, que se debe entender adecuadamente sin que esto signifique que las teorías actuales no son fiables, sino simplemente que son mejorables.

(...) Lo que se puede plantear a la comunidad científica es si hay evidencia, más allá de una duda razonable, de que el planeta está sufriendo cambios fundamentales en su funcionamiento y que la actividad humana tiene un papel fundamental en estos cambios. La respuesta es claramente afirmativa, como recoge el IPCC en su informe de 2001, y presenta un amplísimo —aunque no universal— consenso en el seno de la comunidad científica.”



A.44. Cambio climático y desarrollo sostenible.

Son muchas las alarmas que nos indican que el modelo de desarrollo que venimos siguiendo es insostenible, el cambio climático es una de ellas y no la menos importante.

- C.44** Construye una argumentación para mostrar que las medidas que deben adoptarse para luchar frente al cambio climático son, además, necesarias para conseguir un desarrollo sostenible.

El crecimiento económico de los últimos siglos se ha basado en un consumo desproporcionado de recursos y en actividades industriales que consumen gran cantidad de combustibles fósiles. Un crecimiento sobre estas bases resulta insostenible y no sólo porque está generando el cambio climático. Véase, en este mismo libro, “De la emergencia planetaria a la construcción de un futuro sostenible”, material elaborado por Amparo Vilches y Daniel Gil.



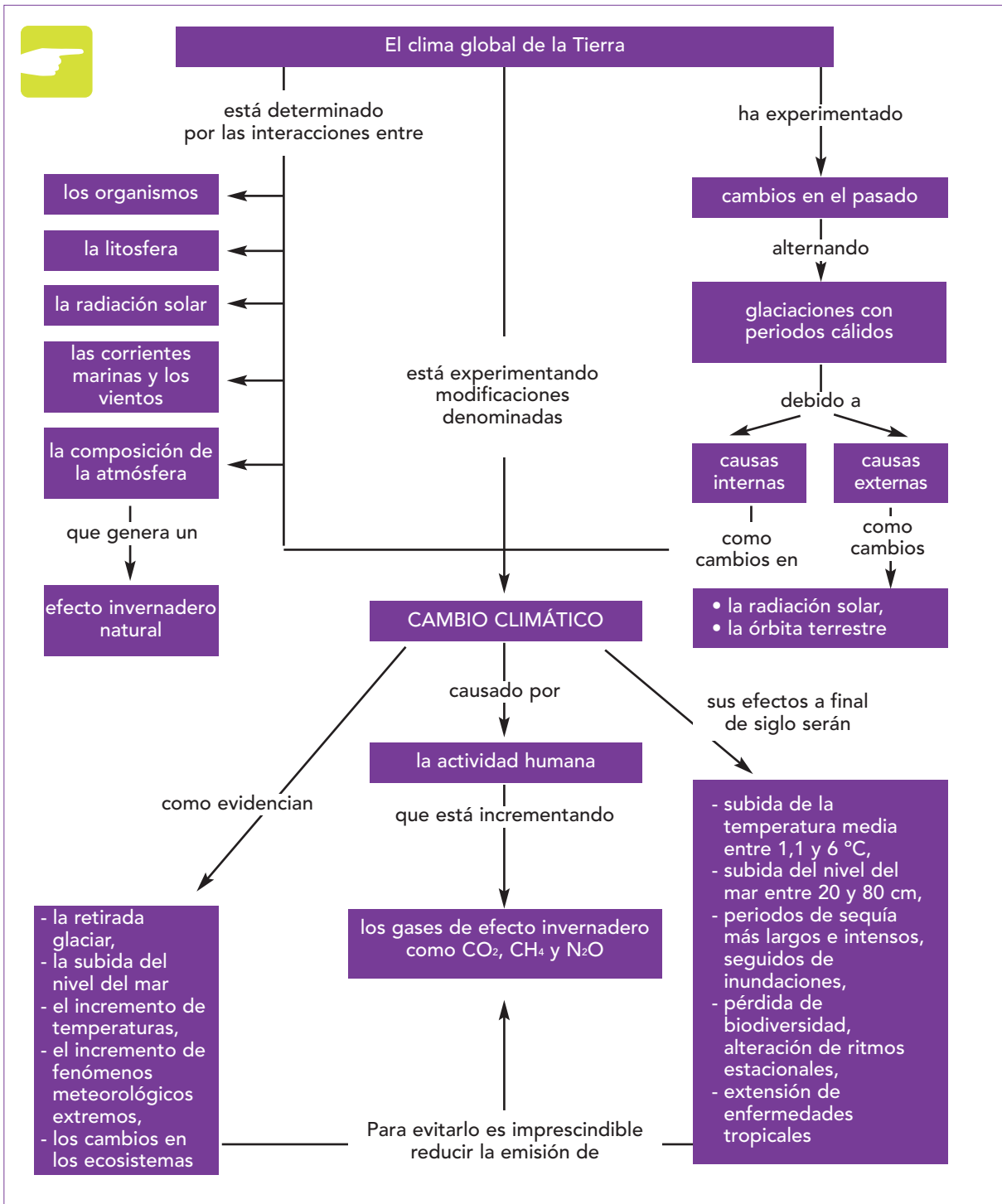
Amazonia boliviana.



A.45. Un mapa de respuestas.

El esquema organizativo (A.2) que venimos utilizando para orientarnos dentro del trabajo de esta unidad contiene las principales preguntas a las que hemos ido dando respuesta. Elabora un esquema con las respuestas fundamentales (mapa conceptual). En él deben estar presentes los principales conceptos.

- C.45** Dependiendo de la experiencia previa del alumnado en la elaboración de mapas conceptuales la tarea puede plantearse en los términos formulados o facilitarla indicando que: a) seleccionen los conceptos básicos; b) los ordenen jerárquicamente; c) piensen la relación más adecuada que puede establecerse entre ellos, y d) la expresen en pocas palabras. Una opción de mapa conceptual es el siguiente:



| Cómo puede evaluarse. Algunas propuestas

En una propuesta didáctica como la que aquí se realiza, la evaluación puede y debe tener básicamente tres objetivos:

- Conocer el punto de partida del alumnado para ajustar a sus conocimientos y capacidades las propuestas que les realizamos y las ayudas que les proporcionamos.
- Valorar los conocimientos adquiridos.
- Y, a partir de los dos anteriores, valorar nuestra propuesta de trabajo.

Las actividades de evaluación previstas para el primero de los objetivos deben ser las mismas que hemos propuesto para la enseñanza. Algunas de ellas estaban pensadas fundamentalmente con esa intención, por ejemplo A.1, A.2, A.26, A.27, etc. pero, en general, todas deben ser utilizadas para ajustar nuestra propuesta a los conocimientos y capacidades de los estudiantes.

En cuanto a las actividades para evaluar los conocimientos adquiridos por los estudiantes, debemos tener en cuenta que:

- Deben estar en función de lo que pretendíamos que aprendiesen los estudiantes.
- Deben ser similares a las que han realizado durante el trabajo de la unidad. Incluso pueden ser las mismas, es decir, nada impide que una actividad de aprendizaje que proponemos, simultáneamente la utilicemos para evaluar. Esto vale para cualquier actividad pero, especialmente, para aquellas que no son de lápiz y papel o que requieren mayor tiempo de desarrollo.
- Deben ser diversas en su complejidad y en lo que pretenden evaluar (conceptos, procedimientos, actitudes).
- Deben permitir valorar el grado de funcionalidad de los conocimientos adquiridos.

1. ALGUNAS PROPUESTAS DE ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN

Si lo que debemos evaluar es aquello que se ha trabajado de acuerdo con nuestras intenciones educativas, las actividades que utilicemos para ello deberán cubrir las siguientes capacidades:

- **Búsqueda y tratamiento de la información.** Como se ha indicado, las actividades de evaluación que no son de lápiz y papel o que requieren un tiempo o unos medios que superan lo disponible en el aula deben ser las

propias actividades de aprendizaje que, además, las utilizaremos para evaluar. En este apartado entran actividades como: A.14, A.17, A.39 y A.41. Cualquiera de ellas puede ser utilizada como actividad de evaluación.

- **Interpretación de gráficas.** Es una de las actividades a las que se les ha dedicado mayor atención. En este apartado entran actividades como: A.11, A.13, A.16, A.23 y A.24.
- **Capacidad de formular hipótesis y planificar formas de contrastación.** En este apartado entran actividades como: A.7 y A.42.
- **Elaboración de informes y resúmenes.** En este apartado entran actividades como: A.10.
- **Elaborar esquemas interpretativos, relacionar conceptos.** En este apartado entran actividades como: A.2 o A.45.
- **Construcción de una argumentación.** En este apartado entran actividades como: A.37, A.38 y A.44.
- **Analizar el cambio climático que está produciéndose, sus causas y consecuencias.** En este apartado entran casi todas las actividades que se han trabajado.
- **Mejorar su comprensión de cómo funciona la Tierra.** En este apartado entran actividades como: A.5, A.8, A.20, A.21, A.22 o A.28.
- **Mejorar su comprensión acerca de cómo funciona la ciencia.** En este apartado entran actividades como: A.32 o A.43.
- **Formarse una opinión fundada y adoptar posiciones personales.** En este apartado entran actividades como: A.25, A.27, A.28 y A.31.
- **Desarrollar actitudes solidarias y de respeto al medio ambiente.** En este apartado entran actividades como: A.29, A.30, A.35, A.36 y A.39.

En todo caso, si se prefiere proponer actividades nuevas para la evaluación de estas capacidades y conocimientos, no es necesario que cada una de ellas sea evaluada por una prueba, es posible, y conveniente, utilizar pruebas que permitan valorar diversas capacidades y conocimientos.



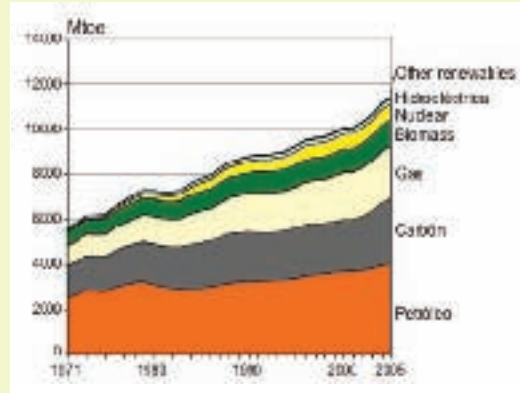
A.46. De acuerdo con los informes del IPCC, una de las consecuencias del retroceso de los glaciares es la elevación del nivel del mar. Sabemos que el hielo que hay sobre los continentes (por ejemplo, el de los glaciares de montaña) aporta agua al mar y contribuye de este modo a la elevación de su nivel. Queremos saber si la fusión del mar helado y de los témpanos flotantes contribuye también a esta elevación del nivel del mar.

1. ¿Cuál es tu opinión? ¿En qué la basas?
2. Esa opinión tuya será tu hipótesis. ¿Cómo podrías contrastarla?
3. Haz un diseño experimental que te permita contrastar tu hipótesis.
4. La fusión del hielo es consecuencia de la elevación de la temperatura global del planeta. ¿Puede constituirse, a su vez, en causa de nuevas subidas de temperatura? Justifica la respuesta.
5. Además de la fusión del hielo glaciar, ¿hay alguna otra variable que intervenga en la subida del nivel del mar?



A.47. La gráfica recoge el consumo mundial de energía primaria por tipo de combustible.

1. Describe esta gráfica.
2. Ponle un título diferente al que encabeza esta actividad.
3. Formula alguna pregunta a la que dé respuesta esta gráfica.
4. Haz un pronóstico sobre los consumos en el año 2010 si continúa la tendencia.
5. Haz una valoración crítica de este consumo.
6. Manteniendo el consumo de energía, ¿qué alternativa propondrías que fuese mejor para evitar el cambio climático?



Consumo mundial de energía primaria por tipo de combustible. Fuente IPCC 2007.



A.48. Actividad sobre el contenido del artículo publicado por un periódico.

1. Una inundación fuerte, una sequía intensa o un año muy caluroso, ¿deben considerarse una prueba del calentamiento global?
2. Si el vapor de agua es el gas con mayor efecto invernadero, ¿no deberíamos dirigir a él nuestra atención? ¿Está justificado que se atienda más al CO₂ que al vapor de agua?
3. Los datos que se están ofreciendo son demasiado cercanos. ¿Hay evidencias de que se está produciendo un cambio climático?
4. ¿No sería más prudente esperar a ver qué ocurre en los próximos años?
5. Construye una argumentación para convencer al autor de “Mentiras climáticas”.



Mentiras climáticas

Hay pruebas de que el clima ha cambiado en el pasado pero no de que lo vaya a hacer en el futuro y menos aun de que lo esté haciendo en la dirección de un calentamiento global.

Los datos que se ofrecen son escasos y todos referidos a tiempos muy cercanos, demasiado cercanos. Falta perspectiva suficiente para ver en qué dirección se está moviendo el clima, en el supuesto de que lo esté haciendo.

Por ejemplo, el año pasado hizo mucho frío en la Patagonia, fue el invierno más crudo en muchas décadas. ¿Quiere eso decir que nos dirigimos hacia un período glacial? Seguramente no pero, por la misma razón, no puede concluirse que la temperatura global esté

sigue>

>continúa

subiendo. Ahora todo se atribuye al cambio climático, hay una inundación o una ola de calor y se dice que es una prueba del calentamiento global, pero inundaciones y olas de calor ha habido siempre.

Por otra parte de todo se está responsabilizando al CO₂, se le ha convertido en el enemigo público número 1. El CO₂ es beneficioso para la vegetación, y en el pasado ha habido largos períodos en los que el contenido en CO₂ era muy superior al actual. Sin embargo,

nada se dice del vapor de agua que genera un efecto invernadero mucho mayor. ¿Por qué no se pone el énfasis en el vapor de agua en lugar de en el CO₂?

Además, la climatología como ciencia está aun en pañales. Si los modelos de predicción del tiempo no son capaces de acertar con unas semanas de antelación, ¿cómo pretenden predecir el clima que hará dentro de 100 años?



A.49. Un volcán en erupción expulsa lava, cenizas y otros materiales sólidos mayores, así como gran cantidad de gases (como vapor de agua y dióxido de carbono). Una actividad volcánica importante puede ser desencadenante de un cambio climático.

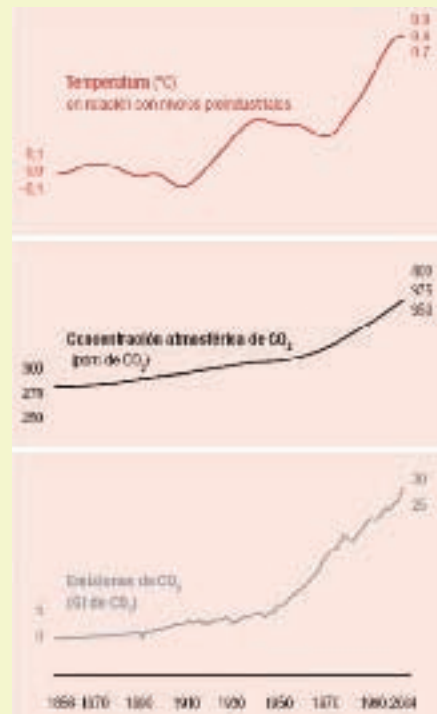
1. Indica cuáles son los principales factores que condicionan el sistema climático.
2. ¿Cuáles de estos factores o variables modifica la actividad volcánica?
3. ¿En qué sentido lo hace y cuáles son sus efectos?



A.50. La imagen muestra tres gráficas sobre la evolución de algunas variables relacionadas con el clima durante el último siglo y medio.

1. Describe cada una de las gráficas.
2. ¿Puede decirse que hay correlación entre algunas de estas variables? Haz un análisis comparativo de ellas.
3. Las emisiones de CO₂ a la atmósfera son superiores al incremento de la concentración de este gas. Da la impresión de que parte del CO₂ emitido desaparece de la atmósfera. ¿Qué ha podido pasar con él? ¿Qué actividad humana genera más gases de efecto invernadero?
4. Además de CO₂, ¿qué otros gases de efecto invernadero conoces?
5. Señala las medidas que adoptarías para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Justifica cada una de ellas.

Evolución durante el último siglo y medio de la temperatura, de la concentración atmosférica de CO₂ y de las emisiones de este gas. Fuente: PNUD.



| Referencias bibliográficas y recursos de Red

DUARTE, C. (coord) (2006): *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Madrid: CSIC. Disponible en <http://www.csic.es/coleccionDivulgacion.do>

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2007):

- Cambio Climático 2007-Base de ciencia física
- Cambio Climático 2007- Impacto, adaptación y vulnerabilidad.
- Cambio Climático 2007- Mitigación del cambio climático

Hay disponible una versión en castellano de cada uno de estos volúmenes en: http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1_home.html

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2006): Guía simplificada del Informe especial sobre la captura y almacenamiento de dióxido de carbono. Hay disponible versión en castellano en: http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1_home.html

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC) (2001): Cambio climático 2001: Informe síntesis. Hay disponibles una versión en castellano en: http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1_home.html

MILLAR, R. y HUNT, A. (2006): La ciencia divulgativa: una forma diferente de enseñar y aprender ciencia, *Alambique*, nº 49: 20-29.

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA (2007): *Real Decreto 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del Bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas*. BOE: 266.

NACIONES UNIDAS (2004): Carpeta de información sobre el cambio climático. Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Disponible en: <http://unfccc.int/2860.php>

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION, USA: www.arctic.noaa.gov

OFICINA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO, OECC (2007): *Informe de Evaluación Preliminar de los Impactos en España por efecto del Cambio Climático*. Disponible en: http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/documentacion_cc/divulgacion/index.htm

OSBORNE, J.; ERDURAN, S. y SIMON, S. (2004): *Ideas, Fets i Arguments en Ciència*. London: King's College.

PEDRINACI, E. (2006): Ciencias para el mundo contemporáneo: ¿una materia para la participación ciudadana?, *Alambique*, nº 49: 9-19.

POZO, J. I. (1996): *Aprendices y maestros*. Madrid. Alianza.

PROGRAMA DE NACIONES UNIDAS PARA EL DESARROLLO (PNUD) (2007): *Informe Desarrollo Humano 2007-2008* (PNUD). Nueva York. Hay versión en castellano disponible en: <http://www.un.org/spanish/climatechange/>

VILCHES, A. y GIL, D. (2008): La construcción de un futuro sostenible en un planeta en riesgo, *Alambique*, nº 55.

OTROS RECURSOS EN LA RED

AGENCIA EUROPEA DE MEDIO AMBIENTE: <http://local.es.eea.europa.eu/>

COMISIÓN EUROPEA PARA EL MEDIO AMBIENTE:
http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/index_es.htm

CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y PROTOCOLO DE KIOTO: <http://unfccc.int/2860.php>

EARTH OBSERVATORY NASA:
http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Paleoclimatology_IceCores/

ECOLOGISTAS EN ACCIÓN: <http://www.ecologistasenaccion.org/spip.php?rubrique145>

GLOBAL CHANGE MAGAZINE:
http://www.atmosphere.mpg.de/enid/26180f6bbc2b9c84535874dc254b684e,0/Service/Inicio_5mb.html

GREENPEACE: <http://www.greenpeace.net/climate.htm>

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA:
<http://www.idae.es/index.asp?i=es>

MAUNA LOA OBSERVATORY, NOAA:
<http://www.mlo.noaa.gov/livedata/livedata.html>

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE DE ESPAÑA:
http://www.mma.es/portal/secciones/cambio_climatico/

OBSERVATORIO DE LA TIERRA (NASA): <http://earthobservatory.nasa.gov/>

ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS (OEI). Década por una Educación para la sostenibilidad: <http://www.oei.es/decada/accion17.htm>

PORTAL DE NACIONES UNIDAS PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO:
<http://www.un.org/spanish/climatechange/>

THE CLIMATE GROUP: <http://www.theclimategroup.org>

WWF: http://panda.org/about_wwf/what_we_do/climate_change/index.cfm



| UNIDAD TEMÁTICA 5 | LA ERA DEL SILICIO

Antonio Ángel Pérez Sánchez
Jefe del Departamento de Tecnología
IES Oretania de Linares, Jaén

| Presentación al profesorado

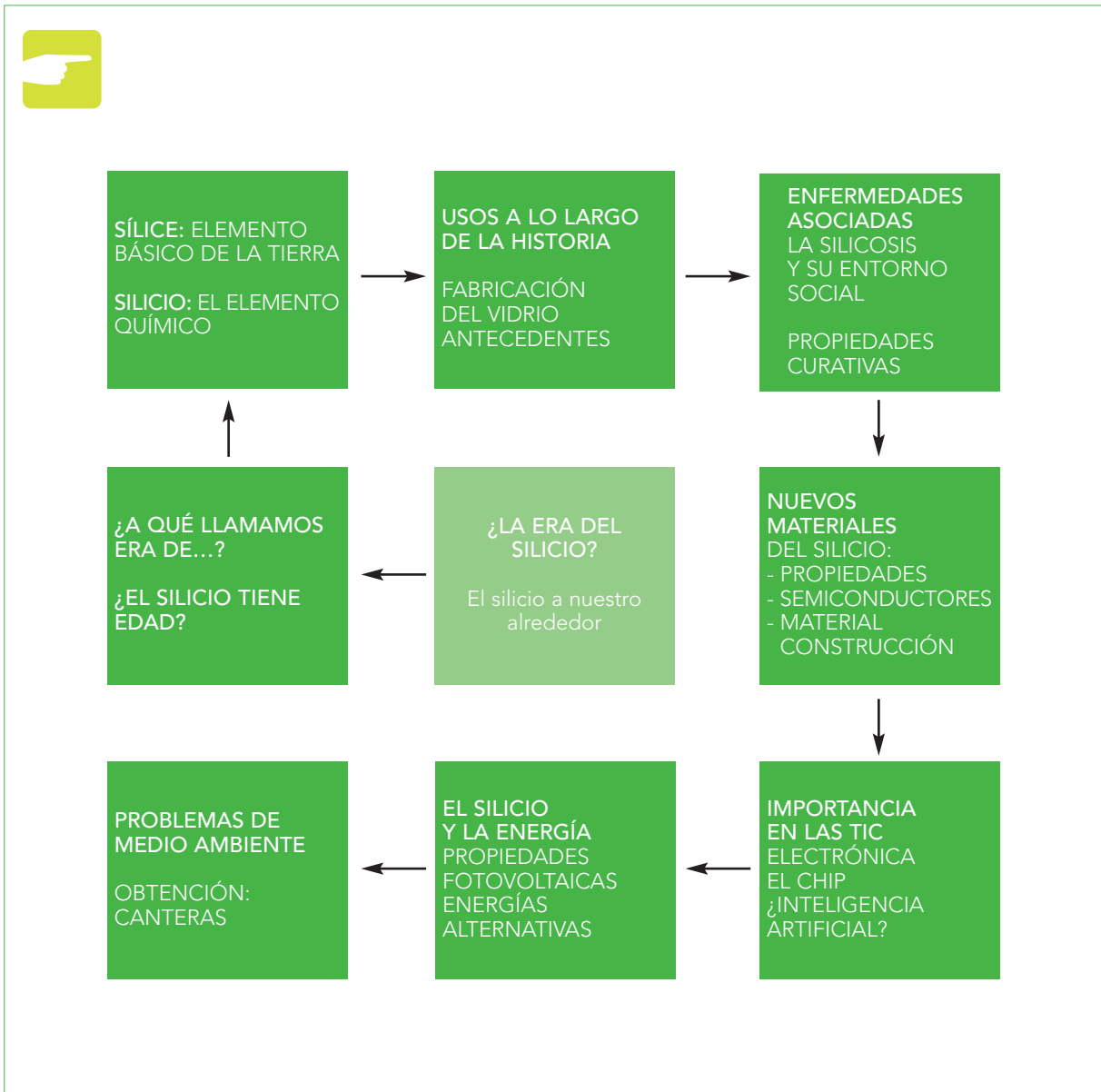
Una de las claves para comprender el mundo en el que vivimos y el grado de desarrollo que ha alcanzado cada sociedad es la reflexión sobre “cómo ha progresado el ser humano”. Al analizar la evolución de las civilizaciones y el punto en el que nos encontramos, redescubrimos permanentemente que la clave para la mejora de las condiciones de vida, en todas las épocas, ha sido la aplicación de los conocimientos científicos a la resolución de los problemas cotidianos.

De ello se desprenden una serie de consecuencias didácticas:

- La importancia de conocer cómo se ha llevado a cabo esa aplicación práctica de conocimientos a lo largo del tiempo.
- Qué conocemos por problemas prácticos, qué percepción tenemos de ellos.
- Cuál es el ámbito de dichos problemas ¿Son sólo problemas nuestros o se da realmente una “problemática global”?
- Por otro lado, los problemas no están aislados unos de otros. Hoy más que nunca los problemas sólo se pueden entender analizándolos desde una perspectiva global. Cada vez es más válido el principio de que “todo influye en todo” y el efecto mariposa no es sólo un invento de la sociedad de la globalización.

Y esto también ha sido así en el pasado. En el año 2006 se constató que durante las guerras púnicas que enfrentaron a Roma y Cartago, y más concretamente durante el periodo más conflictivo de enfrentamientos en el sur de la Hispania, las minas de plomo de Linares, que abastecían de este material estratégico al Imperio, vieron decrecer su producción hasta niveles casi nulos. A la vez, las minas situadas en Snailbeach, junto a la frontera del norte de Gales con Inglaterra, también bajo dominio romano, incrementaron espectacularmente su producción. Esta respuesta “global” del Imperio romano demuestra que este fenómeno no es nuevo, si bien se da en la actualidad con una intensidad y extensión comparativamente descomunales.

Así pues, precisamente esa idea de que las cosas pueden ser más globales de lo que creemos es la que inspira el tema abordado y el tratamiento didáctico y metodológico que se propone en esta unidad. Una propuesta de trabajo global puede ayudar, sin duda, a convertir nuestra vida y nuestra sociedad en un objeto de estudio y aprendizaje. Por ello, se plantea esta unidad para realizar un recorrido a lo largo de los objetivos y los contenidos de la asignatura, sin agotar ninguno, pero estableciendo claramente las relaciones que hay entre ellos y facilitando su desarrollo.



| ¿La era del silicio?

1. PRESENTACIÓN A.1

En nuestra vida diaria utilizamos multitud de objetos y aparatos. Aplicamos soluciones a problemas cotidianos que se basan en conocimientos científicos en los cuales apenas reparamos. Manejamos materiales elaborados por procedimientos complejos, cuya explotación y desecho tienen consecuencias medioambientales por las que apenas nos preguntamos.

Cualquier objeto o material encierra una gran cantidad de información. Al descubrirla podemos:

- Aumentar nuestro conocimiento científico.
- Indagar sobre las consecuencias, tanto beneficiosas como perjudiciales, de las aplicaciones que se dan en nuestra sociedad al desarrollo científico y tecnológico.
- Aplicar procedimientos ordenados de estudio que podemos utilizar en otros ámbitos de nuestra vida y de nuestro aprendizaje.
- Relacionar la actividad humana con sus implicaciones en el medio ambiente.

Los materiales que utilizamos para construir y fabricar son producto de la transformación, más o menos compleja, de recursos naturales y en ellos se basa el desarrollo de nuestra sociedad. Considerando material a cualquier elemento con el que se fabrican las cosas, edificios, aparatos, sistemas e instalaciones que utilizamos.



A.1. ¿Cuáles son, a tu juicio, los cinco materiales más empleados en las sociedades desarrolladas? Indica en cada caso cuál es el recurso o elemento natural en el que tiene su origen.

C.1 METODOLOGÍA

- División de la clase en grupos. Es recomendable que sean de tres miembros, evitando así que se puedan dar dos conversaciones simultáneamente. Sin embargo, se puede adaptar el número de componentes a las condiciones concretas del grupo de alumnos.
- Cada miembro debe anotar su respuesta a la pregunta y razonarla.
- Se realiza puesta en común en el pequeño grupo y se intenta conseguir una respuesta común, nombrando un portavoz.
- Puesta en común de todo el grupo mediante la discusión de los portavoces.
- En algunas ocasiones es conveniente preguntar a cada equipo si están de acuerdo con la forma en que el portavoz representa la opinión de todos.

- Puede ser muy conveniente tener a disposición de los alumnos medios informáticos y conexión a Internet para buscar información.
- Puede ser conveniente también, en función del grado de interés que muestre el grupo, que el profesor empiece a requerir de los alumnos que identifiquen las aplicaciones principales de cada material, como parte de la argumentación sobre su importancia y frecuencia de empleo.

RECURSOS QUE SE PUEDEN EMPLEAR

- Enciclopedia.
- Si hay conexión a Internet, Wikipedia.
- Vídeo sobre algún material muy común en nuestra sociedad (hormigón, acero, plásticos...). Por ejemplo, *Superestructuras: hormigón* de Canal Discovery.

2. PRESENTACIÓN A.2

¿Qué sabes de los usos del silicio en nuestra sociedad? ¿Podrías identificar aquellos aparatos en los que es parte esencial de su funcionamiento? ¿Eres capaz de señalar las zonas del planeta que tienen mayores yacimientos?

Vamos a realizar un recorrido por la historia del silicio, su relación con los seres humanos, sus aplicaciones y las consecuencias de su uso.



A.2. Detección de ideas previas.

Es posible que el silicio sea un perfecto desconocido que convive con nosotros. Vamos a intentar aprender más sobre él, pero empezaremos por expresar lo que sabemos:

1. ¿Crees que el silicio es un material que está presente en tu vida cotidiana?
2. Piensa en tu hogar, ¿hay silicio en él? Si es así, ¿para qué se usa?
3. Señala aquellos ámbitos en los que crees que la presencia del silicio es significativa:



Ámbito	Sí/No	Ámbito	Sí/No
Aseo		Salud	
Alimentación		Ocio	
Instalaciones		Confort	
Aparatos		Seguridad	
Edificio		Transporte	
Comunicación		Vestido	

4. Realiza un informe sobre aparatos que usas a diario en tu hogar en cuyo funcionamiento intervengan elementos de silicio.

C.2 Se trata de realizar un recorrido por la vida diaria del alumno.

Puede valer como orientación el repasar las actividades que se realizan desde que nos levantamos, analizando qué utensilios, aparatos, instalaciones o servicios utilizamos. Se trata fundamentalmente de promover en el alumno la reflexión sobre lo que hace cotidianamente.

Es un buen momento para fomentar la expresión de las **ideas previas** de los alumnos. Llamamos así a los conocimientos preexistentes que sirven de base para relacionar nuevos elementos, durante el proceso de aprendizaje. Cuando éstas son correctas, constituyen una garantía que facilita y sirve de “puente” para nuevos aprendizajes.

Sin embargo, cuando las ideas previas son erróneas, se constituyen como un gran obstáculo para la adquisición de nuevos aprendizajes.

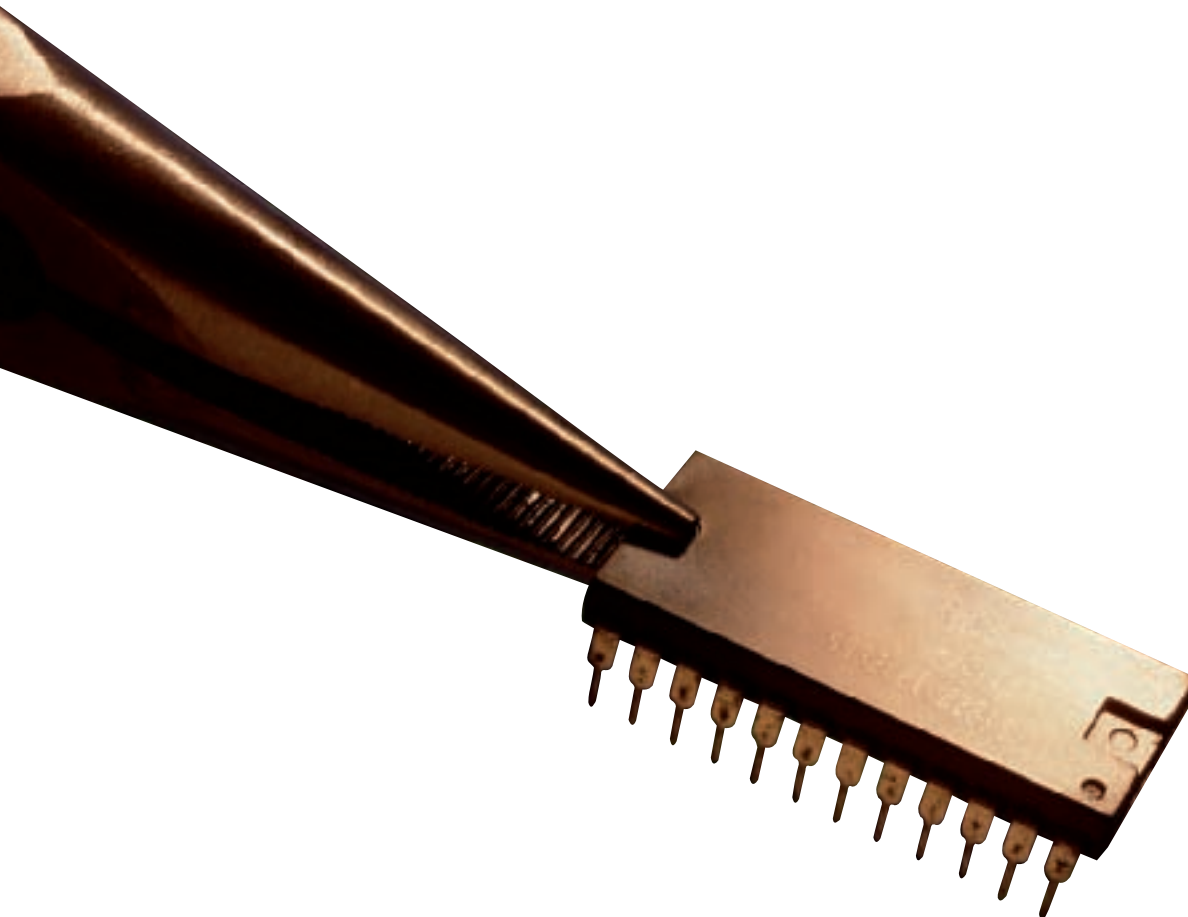
La forma en que debemos trabajar con ellas está condicionada por sus características principales:

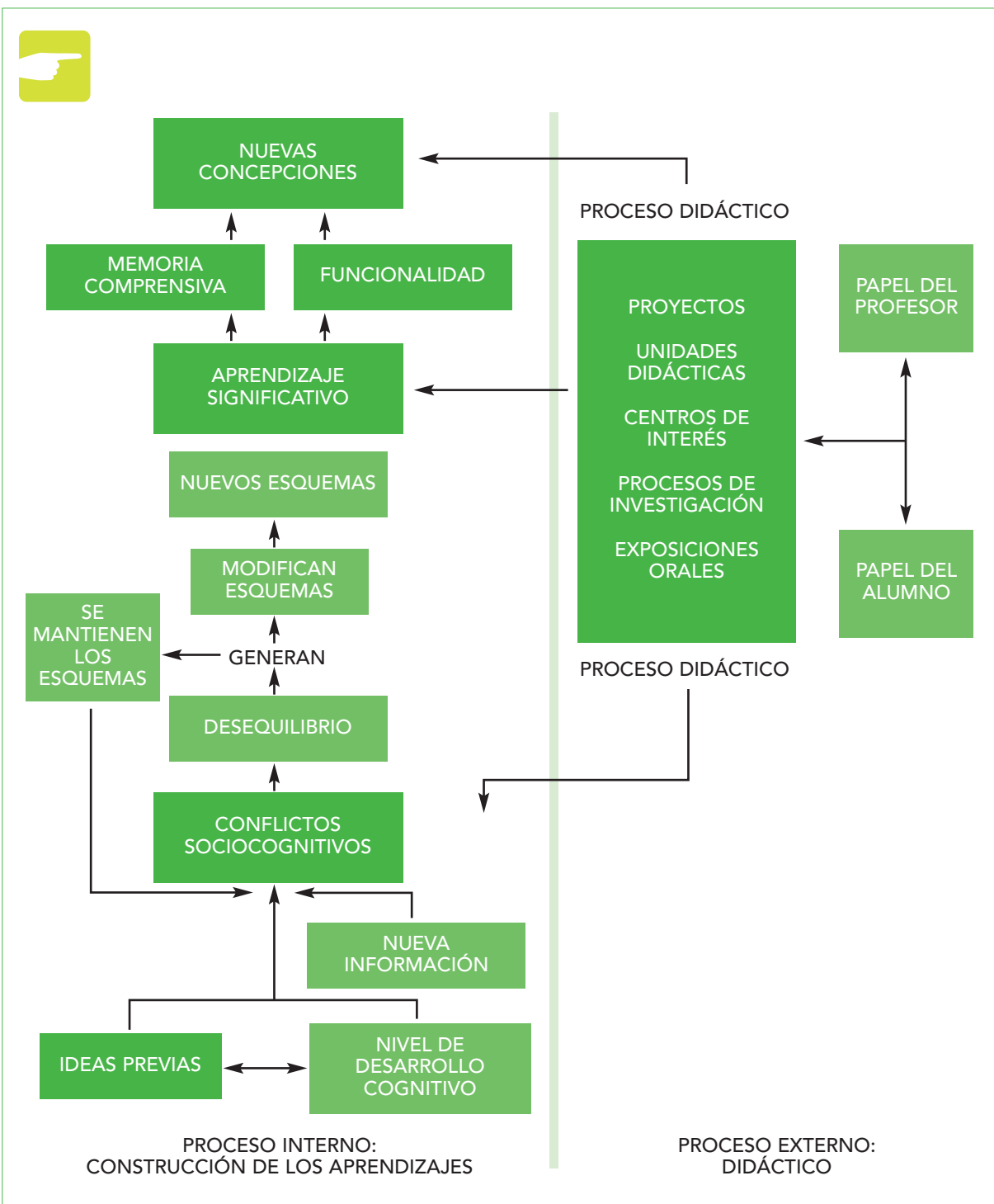
- **Coherentes.** Forman parte de un conjunto homogéneo de pensamientos. Al intentar corregir las ideas erróneas vamos a encontrar otras ligadas a ellas y que forman parte del error. No se corrige un error aislado, sino un conjunto de ideas que dan lugar a un error.
- **Comunes.** Suelen formar parte de una forma común de pensar. No es un error “personal”, sino que se comparte con otros y además se le suele dar un rango de universalidad, como sucede con los refranes o frases hechas: “una imagen vale más que mil palabras”. Está claro que no siempre, no todas las imágenes, no cualquier palabra...
- **Persistentes.** Son difíciles de contradecir o erradicar, tienden a mantenerse como ciertas. Al haber quedado íntimamente ligadas a la estructura de conocimiento se genera una autoprotección, una defensa del papel que tienen en el conjunto del saber personal que lleva a negar

la corrección por evidente que ésta sea. Suele ser una respuesta del tipo "... sí, pero..." que vuelve a potenciar una argumentación para mantener el error.

- **No científicas.** No se corresponden con patrones científicos de conocimiento. Cuando nosotros intentamos aportar razones científicas para demostrar el error y corregirlo nos encontramos con que el origen de la idea no es ni mucho menos científico y, por lo tanto, los argumentos nuevos no encajan con la estructura previa del saber y difícilmente son aceptados.
- **Funcionales.** Suelen resultar, en cierto sentido, prácticas para quien las posee. En muchos casos han generado patrones de comportamiento o prejuicios (juicios previos) que se vienen aplicando cotidianamente y que parecen ser buenos para el sujeto. Vuelven a ser ejemplo los refranes.

A partir de esta expresión de ideas, construiremos un nuevo conocimiento, que debe modificar los errores que condicionan la forma de entender el tema. El cuadro de la página siguiente puede servir de orientación.





| ¿A qué llamamos era de...?

Cuando hablamos de la Edad de Piedra o la Edad del Bronce, identificamos una etapa de la historia. ¿Pero qué características debe tener un periodo para ser denominado “Edad de...” o “Era de...”? De forma muy resumida:



- Se produce un cambio importante en las actividades humanas.
- Va acompañado de avances tecnológicos.
- Hay también notables cambios en la estructura social.
- Se modifican las formas de vida y la forma en que los seres humanos se relacionan con el medio.

Una señal inequívoca de la presencia de seres humanos es la presencia de herramientas junto a los huesos encontrados.

Las herramientas aplicadas a la solución de problemas cotidianos son elemento consustancial de la historia de la humanidad.

Pero, ¿de qué se fabricaban esas herramientas?

Se puede decir que la evolución de la civilización ha estado ligada a la utilización de nuevos materiales y a los avances tecnológicos y científicos que su aplicación a los problemas cotidianos ha supuesto.

| Los seres humanos y el sílex

Las primeras herramientas de piedra estaban fabricadas con cuarcita. Más tarde el sílex se constituyó como el mejor material para herramientas y permitió realizar diferentes tareas, en actividades muy variadas y en ambientes distintos con precisión y eficacia.



A.3. Minerales no metálicos en la Prehistoria.

1. Busca información acerca de la composición y características de la cuarcita y del sílex.
2. ¿Cómo se obtenía el sílex?
3. Utiliza un buscador para localizar información sobre cómo eran las minas de sílex y su proceso de obtención.
4. Por ejemplo, puedes encontrar datos interesantes acerca de la Mina de Casa Montero (Vicálvaro, Madrid).
5. Expresa tu opinión acerca de la importancia que crees que tuvieron la cuarcita y el sílex en la Prehistoria.



A.4. Los usos del sílex.

1. Busca información sobre los instrumentos, herramientas y armas que se fabricaban con sílex.
2. ¿En qué ámbitos de la vida cotidiana del Neolítico se utilizaba este material?
3. Realiza una tabla con el nombre de herramienta, usos y aplicaciones y dibujo de cada una.

- C.4** Tener una idea del origen de las cosas puede ayudar a comprender la trascendencia de las mismas. No se trata de reproducir una clase de historia, sino de ayudar a constatar que la presencia de herramientas es inseparable de las actividades de los seres humanos, y que el material que se utilizó para construirlas durante un largo periodo de la Prehistoria fue el sílex.



Pasos sucesivos en fabricación de herramientas de sílex.

Se puede hacer mención a que en el caso de otros materiales se recogían piedras del suelo y se adaptaban a la forma necesaria. Sin embargo, en el caso del sílex se buscaba expresamente, se perforaban pozos y se realizaban técnicas que podemos definir como mineras, más allá de la mera explotación de canteras de piedra.

Sería muy interesante poder disponer de piezas de sílex y realizar determinados ensayos de corte con ellas en distintos materiales para comprobar su eficacia. Por ejemplo cortando fruta, raspando una mancha de pegamento o cola, etcétera.

En el siguiente texto sobre la minería no metálica en la época prehistórica se aportan ideas de estudio sobre esto.



La minería prehistórica no metálica

El registro arqueológico muestra claramente que las labores mineras con cierta complejidad se llevan a cabo con anterioridad al Neolítico. En el Paleolítico Superior Inicial (cultura de Szeleta, en torno al 80000 a.C.) se data la mina húngara de Lovas (Fig. 1-A), de carácter superficial y reducidas dimensiones, para la obtención de limonita roja. Como instrumental minero se documentaron hasta 61 herramientas de hueso y 7 de asta de cérvido, junto a una punta foliácea lítica. Los excavadores creyeron, incluso, encontrar evidencias del uso de fuego (“fire setting”) como técnica minera (*Shepherd, 1980*).

También para la explotación de óxidos de hierro, ocre rojo (*Wagner y Weisgerber, 1988*), se abrió la mina de Tzines, en la isla de Thasos, considerada la más antigua mina subterránea de Europa, con un sistema de explotación mediante estrechas galerías (*Weisgerber, 1989*). Los útiles mineros documentados fueron de tipología muy variada, claro precedente del instrumental minero utilizado en épocas posteriores: en asta de ciervo, distintos huesos de animales y mazas de guijarros de piedra. La datación de las galerías se remonta al 15000-12000 a.C. (*Koukouli-chrysanthaki et al., 1988*).

En momentos posteriores, donde más claramente se puede observar el grado de desarrollo de la tecnología minera es en la extracción de sílex, que tomó un gran impulso en el Neolítico, a partir de antecedentes del Paleolítico.

Muchos son los ejemplos europeos de minas que desde el Neolítico se han documentado en Europa, buscando los niveles más profundos y de mayor calidad y que, en general, utilizaron dos sistemas (*Hunt Ortiz, 2003*): por un lado, pozos relativamente poco profundos, en muchas ocasiones contándose por centenares, desde los que frecuentemente se realizaban ampliaciones o ensanchamientos radiales, como las denominadas “de campana”. El otro sistema consistía en la realización de trincheras de 3-4 m de anchura y hasta 10 m de longitud hechas con sección en V y por pares, a veces con galerías intercomunicándolas, como en Obourg (Bélgica) (Fig. 1-B) (*Shepherd, 1980*).

Minas de sílex de época neolítica, y anteriores y posteriores, se conocen en muchos lugares de Europa: Gran Bretaña (Fig. 1-D) (especialmente en los condados de Sussex y de Norfolk, aunque también en otras áreas), Bélgica (Fig. 1-C), Alemania, Holanda, Francia, Suiza, Dinamarca o Sicilia (*Shepherd, 1980*), así como, más recientemente, en la Península Ibérica, que se tratarán un poco más adelante.

Los útiles mineros están muy bien documentados en este tipo de exploraciones mineras, tanto en piedra, en asta de cérvidos de variada tipología, con puntas o sin ellas; en hueso, incluyendo omóplatos modificados en forma de pala, y también en madera (*Shepherd, 1980*). Del material orgánico más precedero que se

sigue>

>continúa

utilizaría para los sistemas de acceso y transporte quedan muy pocos indicios, aceptándose el uso de bolsas de cuero o cuerdas de material orgánico que han dejado marcas en la caliza e incluso trípodes para el izado del material y traviesas de madera. La iluminación se procuraba mediante lámparas de cuenco en piedra con grasa animal, así como por antorchas impregnadas en grasa o resina (*recopilación pormenorizada en Hunt Ortiz, 2003*).

Como aspecto más cultural relacionado con la minería prehistórica, en algunos casos, en excavaciones arqueológicas, como en el Pozo 15 de Grime's Grave (Norfolk), se documentó lo que fue interpretado como un altar, con ofrendas propiciatorias (1980). Desde luego, uno de los mitos extendidos hasta época Moderna es que las sustancias minerales participan del carácter sagrado de la Madre Tierra. Esto se refleja en la idea de que los minerales crecen en el vientre de la Tierra

como si de embriones se tratase, lo que ha dado lugar a gran cantidad de ritos, tanto en la minería como en la metalurgia, relacionados con la sexualidad y los espíritus de la Tierra. El mineral sería un ser vivo, un animal que “está vivo, se mueve a voluntad, se oculta, muestra simpatía o antipatía hacia los humanos, conducta que no deja de parecerse a la de la pieza para con el cazador” (*Eliade, 1986*).

La minería no metálica en la Península Ibérica

En la Península Ibérica es muy escaso el número de explotaciones mineras conocidas dedicadas a la extracción de recursos no metálicos de épocas prehistóricas, como la probablemente neolítica de Campolide encontrada al abrir el túnel del Rocío en Lisboa (*Serra I Rafols, 1924*).

Recién descubierta y sólo excavada parcialmente es la explotación de sílex de Casa Montero (distrito de Vicálvaro, Madrid) (*Consuegra Rodríguez et al., e.p.*), fechada en el Neolítico, entre la segunda mitad del VI-primeras del V milenio a.C. En esa zona, se

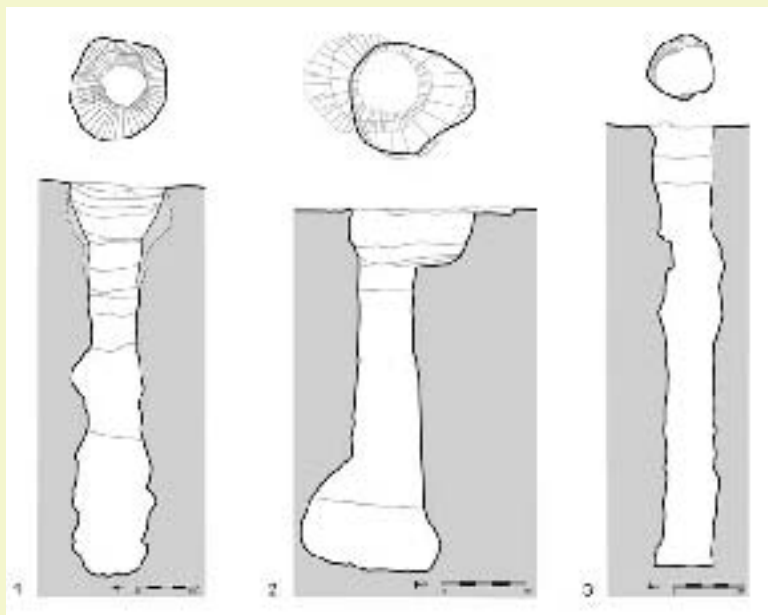


Figura 2: Minas de sílex de Casa Montero (Vicálvaro, Madrid). Pozos de tipo chimenea: plantas y secciones (*Consuegra et al., e.p.*).

han documentado más de 2.500 pozos dedicados a la explotación de los varios horizontes de sílex y ópalo que existen en el subsuelo. Estos pozos, de los que se han excavado actualmente 126 (Fig. 2), alcanzan una profundidad máxima de 7,35 m con paredes generalmente verticales y diámetro de entre 1,4 y 2,1 m. En algunos pozos, en su base se realizaron reducidas excavaciones laterales para aprovechar el nivel de base de sílex.

El instrumental conservado es el lítico: picos, cuñas y mazas cuadrangulares de cuarcita, sin que, parece, el material orgánico se haya conservado.

La minería de sílex continuó en época calcolítica, como muestran las minas La Venta (Orce, Granada), del III milenio a.C., relacionadas con el suministro de sílex del yacimiento de El Malagón y consistentes en pozos circulares, dispuestos en pares de forma recurrente, de 3-4 m de diámetro y una profundidad de entre 2-4 m, la suficiente para atravesar el coluvión margoso de fácil excavación (*Ramos Millán et al., 1993; Ramos Millán, 1996*).

sigue>

>continúa

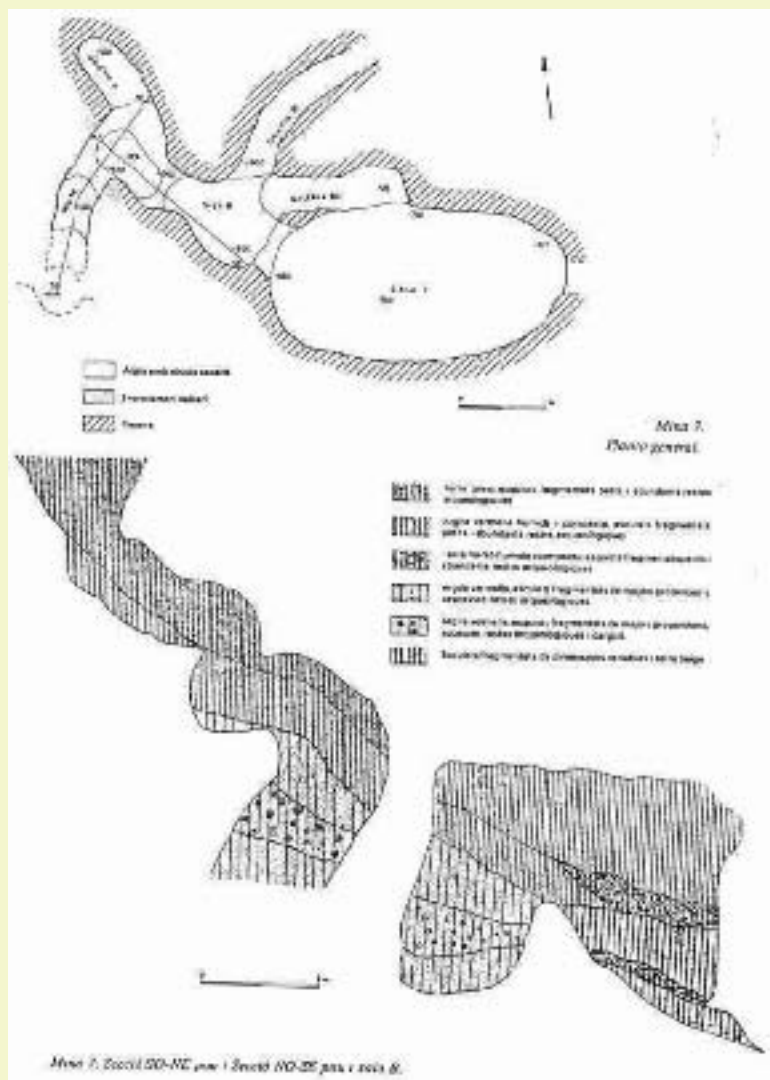


Figura 3: Mina 7 de Can Tintorer (Gavá): planta y sección (Villalba et al., 1986).

Pero la mina neolítica que más documentación ha aportado es la de Can Tintorer, en Gavá (Barcelona), que se viene investigando desde hace ya algunos años. Datada desde fines del V milenio a.C.

y a lo largo del IV milenio a.C. (Villalba, 1996), la principal especie explotada era la variscita (o calaíta, fosfato aluminico hidratado), aunque también aparecen otros muchos tipos de fosfatos asociados, así como mineralizaciones silíceas y ocre. El depósito mineral es de tipo estratiforme plegado, llegando a adquirir los estratos mineralizados la verticalidad en algunas zonas, lo que condicionó la realización de las labores mineras (Villalba, 1996).

El sistema de trabajo minero es considerado como metódico y sistemático: se iniciaba mediante la apertura de pozos de acceso o sondeos de prospección que atravesaban la cobertura sedimentaria con el fin de localizar los estratos paleozoicos mineralizados. Algunos de los pozos fueron abandonados al no encontrar la mineralización. Una vez localizados, se abrían las galerías, que en las bolsadas se convertían en cámaras (o salas) tras la explotación del mineral (Fig. 3). Así, las labores mineras se desarrollaron siguiendo la disposición de los estratos mineralizados mediante una prolija red de pozos, galerías radiales y cámaras subterráneas, a veces intercomunicadas, que originariamente podría tener varios km de recorrido (Villalba, 1996), dejando amplios bloques de soporte, utilizando una especie de técnica de cámara y pilares (Villalba et al., 1986).

La profundidad máxima de las labores llegó a los 14 m, rellenándose los espacios explotados con el estéril procedente

de los que estaban en explotación, por lo que las evidencias de escombreras (vacíos de estéril) son muy escasas en superficie (Villalba, 1996). La similitud del sistema de laboreo minero con

sigue>

>continúa

algunas de las minas de sílex europeas descritas se señaló por los propios excavadores de Can Tintorer (Villalba et al., 1986).

En cuanto al instrumental empleado, es muy diverso el que ha sido registrado, tanto lítico como en hueso (Fig. 4). Entre los líticos se encontraron mazas, picos y percutores redondeados. Los picos y mazas fueron realizados en varios tipos de roca, tratados y acabados mediante repicado. No presentaban acanaladura, pero sí cierto ensanchamiento central y huellas de modificación muy superficial que se han relacionado con la fijación del empuñe.

También fueron detectados afiladores realizados en piedra abrasiva, que presentaban canales en sección en U y en V producidas durante su uso para afilar los instrumentos mineros, bien de piedra, madera o hueso.

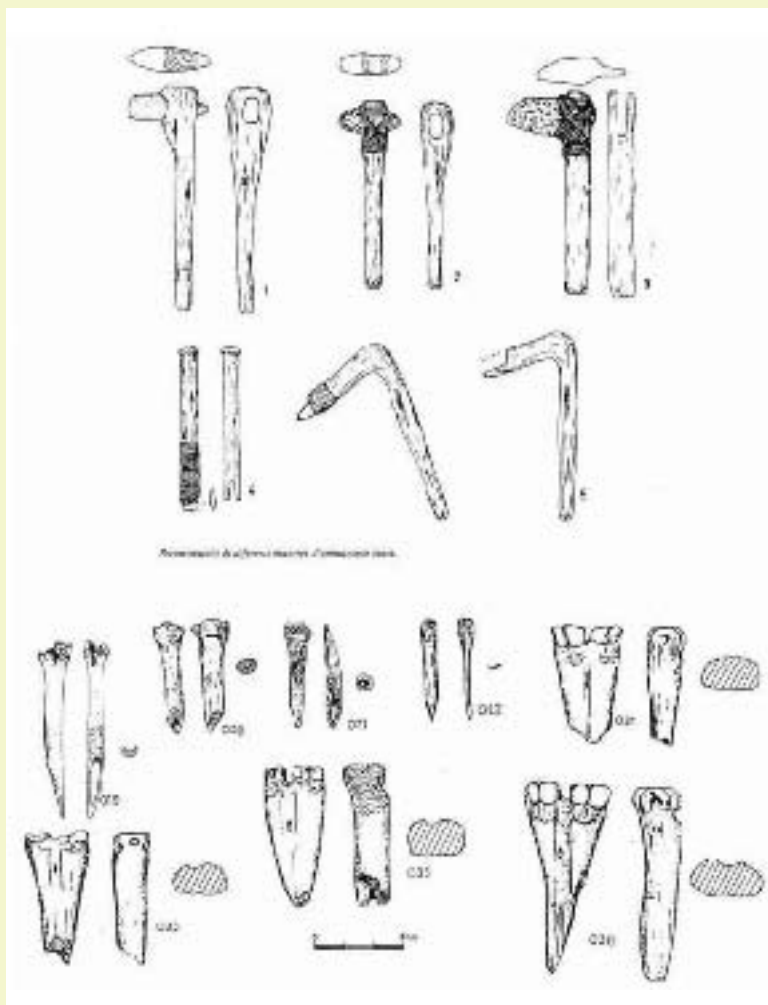


Figura 4: Mina de Can Tintorer (Gavá). Instrumental minero de piedra y hueso (Villalba et al., 1986).

| La sílice: elemento básico de la Tierra



A.5. ¿Qué es la sílice?

Utiliza un buscador para localizar información sobre la sílice y prepara un resumen que incluya:

- Qué es. Componentes.
- Presencia en la corteza terrestre.



A.6. La formación de la Tierra.

Proyección de vídeo de los capítulos de la serie *Cosmos* (o similares): “La vida de las estrellas” o “Calendario cósmico” (incluido en “Orillas del océano cósmico”).

Resumir la información sobre la formación de silicio a partir de la fusión del hidrógeno, y de la formación de metales a partir de la fusión de átomos de silicio.

El elemento químico silicio:

- Qué es.
- Estructura.
- Minerales que contienen silicio.
- Qué son los silicatos.



Piedras de cuarzo.

C.6 La razón por la que los seres humanos recurren a materiales con silicio no es mera casualidad.

La gran cantidad de materiales derivados del silicio presentes en la corteza terrestre condicionó que fueran éstos los más empleados.

Se puede incidir aquí en que no es el azar, sino las circunstancias, las que determinan la evolución de la aplicación tecnológica en un sentido o en otro.

1. ¿En qué medida sigue ocurriendo eso hoy?
2. ¿Cuáles son las circunstancias que influyen en ese desarrollo?
3. ¿Qué papel juega la evolución de la ciencia y el desarrollo científico y tecnológico en ello?

A partir de estas preguntas se puede ayudar a introducir la segunda parte de la unidad. Se trata de lanzar ideas que deberán ser recogidas más tarde como instrumento de reflexión y como pieza que ayuda a construir una opinión fundamentada sobre la realidad.



A.7. El silicio y los volcanes.

La formación y viscosidad de los magmas tienen una estrecha relación con la sílice:

1. Averiguar qué relación hay entre la viscosidad del magma y su contenido en sílice.
2. Establecer la relación entre ese contenido y el tipo de erupción que puede presentar un volcán.

C.7 Se trata de establecer que la presencia de silicio en el magma hace éste más viscoso, por lo que las erupciones volcánicas serán también menos fluidas y aumenta enormemente el riesgo de que sean explosivas. Esto influye no sólo en el tipo de volcanes, sino en los riesgos que conlleva su actividad.

| Usos a lo largo de la historia

Durante el Neolítico, se produjo la sustitución del sílex por los metales. Este cambio fue paulatino y el sílex convivió con el cobre hasta prácticamente desaparecer en la Edad del Bronce. Los materiales derivados del silicio volvieron con el empleo del vidrio.

Busca información acerca del vidrio:

- Cuando comenzó su utilización.
- Qué material se utilizaba antes.



Interior de una mina de lapis specularis.

Hay un antecedente del uso del vidrio para permitir el paso de luz en las ventanas. Se trata del lapis specularis. Busca información acerca de él: qué es, su composición, cómo se obtenía.

Hay una mina de este material en Segóbriga. Localiza información sobre más lugares de minería de lapis specularis.



A.8. Fabricación del vidrio.

Realiza un esquema de la fabricación del vidrio que incluya descripciones de su obtención a partir de la arena silíceo y a partir del reciclaje.



Compara las necesidades de material y energía en cada una de ellas, así como la cantidad de residuos que se producen de una y otra forma. Describe tus conclusiones (puedes buscar en direcciones de Reciclavidrio y Ecovidrio).

Justifica la necesidad actual del reciclaje en función del ahorro de energía y de la reducción de los residuos.

- C.8** Se trata de buscar y discriminar información acerca del vidrio, como uno de los usos sobresalientes del silicio en nuestra sociedad. La finalidad es generar un documento, tipo informe, sobre su composición y origen, características, formas de producción y consumo de energía durante los procesos.

IDEAS BÁSICAS A REFORZAR

- El material básico para fabricar vidrio es muy abundante y barato. Sin embargo, es necesaria una gran cantidad de energía para producirlo.
- El reciclaje del vidrio favorece la reducción de la cantidad de energía necesaria.
- También se evitan los procesos extractivos.
- Papel activo de los ciudadanos: selección doméstica del tipo de basura.

La comparación entre las necesidades de materia prima y de energía si se fabrica el vidrio a partir de sílice o a partir de vidrio reciclado debe conducir a la formación de una opinión bien fundamentada acerca de la necesidad del reciclaje.

RECURSOS

La utilización de un navegador en Internet puede facilitar en gran medida la búsqueda de información. En concreto las direcciones de Reciclavidrio y Ecovidrio contienen la mayor parte de los datos que se buscan.

Aun así, queda a criterio del profesor el facilitar directamente esas direcciones o dejar que los alumnos busquen por su cuenta y discriminen después en función de la relevancia de la información encontrada.

| El silicio y la salud

Como sucede con todos los materiales, el proceso de obtención y elaboración del silicio también está relacionado con problemas de salud.

La **silicosis** es la principal enfermedad asociada a la obtención de materiales de silicio y no a su uso.



Interior de la enfermería de una instalación minera.



A.9. La silicosis.

Busca información en distintos medios sobre la silicosis y realiza un resumen en base a los siguientes apartados:

- Origen de la enfermedad.
- Síntomas principales y consecuencias de la enfermedad.
- Tratamiento de la silicosis.
- Riesgos laborales y profesiones de riesgo.
- Recomendaciones para la prevención de dichos riesgos.



Mineros barrenando.



A.10. Propiedades saludables del silicio.

En la actualidad se está hablando mucho de las propiedades curativas del silicio. Realiza una investigación para buscar información acerca de dichas propiedades, de las enfermedades a cuya curación puede contribuir, de los compuestos o sustancias a los que se les atribuyen, así como de los lugares donde se consiguen estos tratamientos.

Averigua también qué alimentos y bebidas constituyen el mayor aporte de silicio en nuestra dieta.

La **silicosis** es una enfermedad ocupacional de distribución mundial que afecta a los pulmones. Pertenece al grupo de las neumoconiosis. Es incurable, incapacitadora y a menudo mortal. Se produce por contacto continuado por inhalación de polvo con pequeñas partículas de sílice.

La inhalación de sílice, es decir, de dióxido de silicio, está también asociada a otras enfermedades como tuberculosis, bronquitis, cáncer de pulmón y enfermedades autoinmunes.

Aunque es una enfermedad generalmente asociada a la minería, también hay otros factores de riesgo. De hecho, es importante llegar a averiguar que hay muchas otras **profesiones** en las que aumenta la posibilidad de contraer la enfermedad, como aquellas personas que se dedican a la construcción, a la albañilería, a la minería, al trabajo en astilleros o ferrocarriles, producción de detergentes o pinturas, demolición de estructuras de hormigón; aquéllas cuya función sea la de cortar, aplastar, demoler, taladrar rocas; las personas que trabajen con arena, grava, piedra, mampostería, mortero, o las que se dediquen a la limpieza abrasiva son personas que deben estar al tanto del problema y conocer con exactitud los peligros que se derivan de sus actividades laborales.

El trabajo en la fundición o en la fabricación de vidrio o abrasivos también puede hacer aumentar el riesgo de contraer la enfermedad.

Por último, los agricultores en faenas del campo como puede ser la cosecha o la tarea de arar, al remover la tierra pueden contribuir a aumentar la cantidad de polvo en el aire.

Así pues, la propia enfermedad de la silicosis nos puede dar ya una idea de la extensión de algunos usos del silicio, yendo mucho más allá de su localización en las zonas mineras. Es muy importante sacar conclusiones relacionadas con la **prevención de riesgos laborales** que ayuden a evitar las consecuencias de la silicosis.

También es importante considerar que el silicio puede ser utilizado también con **finés curativos** y se está extendiendo su uso en terapias de muy variada

índole. Incluso se empieza a relacionar el aporte de silicio con la disminución de los efectos del Alzheimer y enfermedades neurodegenerativas, así como en el tratamiento de lesiones relacionadas con la artrosis, las enfermedades reumáticas o las lesiones deportivas.

Es muy conveniente terminar el desarrollo sacando conclusiones sobre los beneficios que puede aportar el silicio como parte de la dieta, e identificar los alimentos que suponen una aportación a tener en cuenta (la cerveza es una de las principales fuentes de aporte de silicio a la dieta junto con el café, el agua, los plátanos, las judías verdes y las espinacas). También se pueden relacionar beneficios para el empleo del silicio en la agricultura.

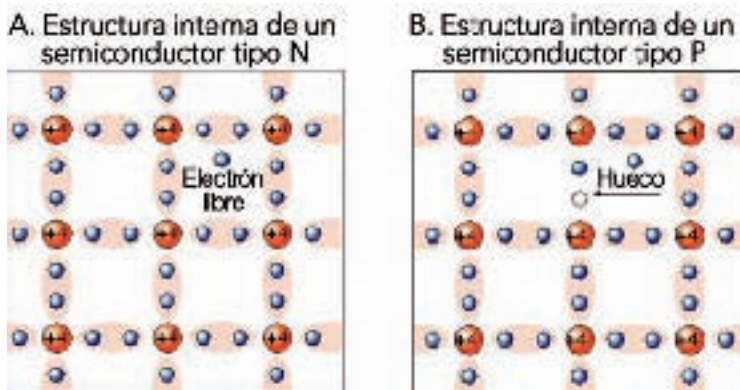


| Los nuevos materiales

La revolución tecnológica que se da en la segunda mitad del siglo XX ha estado relacionada con el empleo de nuevos materiales.

Especialmente el descubrimiento y empleo de los **semiconductores** ha influido de forma decisiva en las profundas modificaciones que ha sufrido la realidad cotidiana y laboral de las sociedades avanzadas, llegando incluso a tener buena parte de la responsabilidad de la brecha tecnológica que se da entre los países desarrollados y el tercer mundo y, por lo tanto, llegando a convertirse en un factor de desigualdad global.

Desde mediados del siglo XX se ha desarrollado el conocimiento acerca de las propiedades eléctricas del silicio. En efecto, las estructuras cristalinas de silicio tienen la propiedad de ser semiconductoras, esto es, en condiciones normales no conducen la electricidad, pero en determinadas condiciones de luz, calor, carga eléctrica, etc., se vuelven conductores.



Para aumentar la capacidad conductora del silicio se le añaden sustancias dopantes que dan lugar a semiconductores de dos tipos, cuya combinación, a su vez, origina distintos tipos de componentes electrónicos.

Los semiconductores intrínsecos, con enlaces débiles que se pueden romper al aportar una pequeña cantidad de energía, presentan una conductividad muy baja. Los semiconductores extrínsecos, que se obtienen añadiendo impurezas al silicio o germanio, permiten obtener una conductividad mucho mejor. Si se añaden elementos químicos con 5 electrones de valencia (fósforo, arsénico o antimonio), obtenemos semiconductores tipo N, con

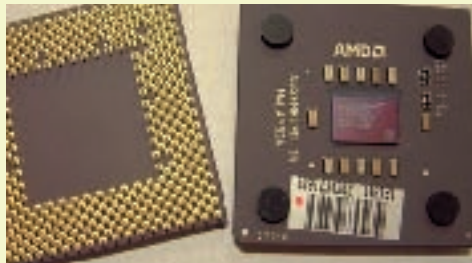
un electrón libre y carga negativa. Si se añaden elementos químicos de 3 electrones de valencia (boro, galio o indio), se obtienen semiconductores tipo P, con un electrón menos y carga positiva.

Las diferentes combinaciones de estos tipos de semiconductores permiten la fabricación de **componentes electrónicos** como los diodos, leds, transistores, termistores, puertas lógicas, memorias, etcétera.

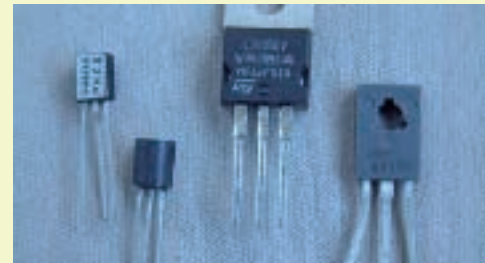


A.11. Silicio y electrónica

Realiza un informe con la información que puedas reunir sobre los componentes electrónicos construidos con semiconductores y sus principales aplicaciones.



Microprocesador.



Transistores.



Hormigonado de una estructura.

1. APLICACIONES EN LA CONSTRUCCIÓN

Aunque la electrónica es uno de los campos en los que el papel del silicio es más importante, no es el único. De hecho, uno de los **materiales de construcción** más utilizados es el cemento, tanto para la fabricación del hormigón de las estructuras, como para el mortero que se usa como aglomerante de piezas en albañilería. El **cemento** que hoy conocemos se emplea desde el siglo XIX en sustitución de los aglomerantes a base de cal que se conocían desde época romana y que fueron muy utilizados por los árabes. La descripción de la fabricación del cemento Portland, que contiene un 21% de óxido de silicio, puede ayudar a formar una idea del papel que tiene el silicio.

Efectivamente, las propiedades de resistencia del cemento se deben al segundo endurecimiento del mismo. El endurecimiento inicial es producido por la reacción del agua, yeso y aluminato tricálcico, formando una estructura cristalina de calcio-aluminio-hidrato, estríngita y monosulfato.

El sucesivo endurecimiento y el desarrollo de fuerzas internas de tensión derivan de la reacción más lenta del agua con el silicato de tricalcio formando una estructura amorfa llamada calcio-silicato-hidrato. En ambos casos, las

estructuras que se forman envuelven y fijan los granos de los materiales presentes en la mezcla. Una última reacción produce el gel de silicio (SiO_2). Las tres reacciones generan calor.

Desde la generalización del uso del hormigón en la construcción, también a mediados del siglo XX, las arenas y gravas utilizadas para fabricarlo han pasado a ser un material de gran importancia para el desarrollo económico.

Esto ha conferido al silicio una importancia paralela al desarrollo del hormigón.



A.12. Nuevas aplicaciones del silicio.

Investiga, buscando información en Internet, enciclopedias y medios de comunicación escritos, las aplicaciones que puede tener el silicio en campos como la iluminación y la metalurgia y describe las perspectivas de su utilización.

C.12

Además de obtener información sobre los distintos tipos de cemento, completando así un panorama sobre las propiedades del mismo, es necesario hacer hincapié en la existencia de otros materiales, de creciente papel en la vida de nuestra sociedad, en los que el silicio puede ser un componente esencial.



Lámpara actual de bajo consumo.

Se están investigando aplicaciones de láser basado en silicio que serán trascendentes en la evolución de la informática, las comunicaciones y la medicina. Asimismo, hay nuevas aplicaciones en la iluminación basadas también en la capacidad del silicio de conducir haces de luz.

De la misma forma, el silicio es aplicado ya en la metalurgia, para añadir propiedades de ligereza y resistencia a la corrosión a determinados aceros, y también en las aleaciones de cobre (latón y bronce).

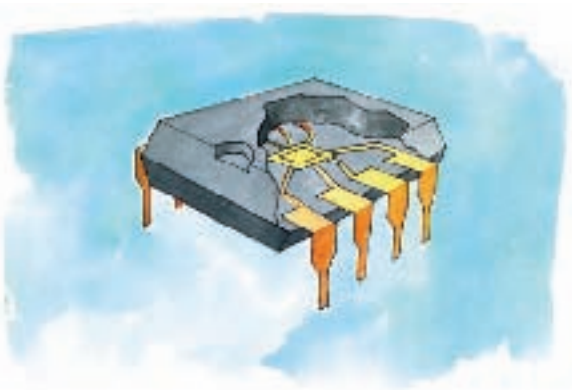
RECURSOS

Puede servir de motivación inicial la proyección de vídeos como:

- “Así se hace: el cemento”.
- “Superestructuras: hormigón”.

Ambos han sido difundidos por el canal Discovery.

| La importancia en las TIC



Constitución de un microchip.

Los avances de la electrónica tienen una gran importancia tecnológica cuyas consecuencias son patentes en todos los ámbitos de la vida. La capacidad de aplicar los semiconductores para resolver problemas de todo tipo está basada en su propiedad fundamental; mientras que los unos materiales son aislantes y sólo saben decir NO al paso de la corriente, y los conductores sólo pueden decir SÍ, el silicio y el resto de semiconductores pueden decir SÍ o NO.

El chip consiste en una serie de componentes integrados en una placa de silicio, mediante la adición de materiales dopantes. Millones de componentes pueden quedar contenidos en un cuadrado de 1,5 mm de lado.

Proceso de fabricación de un microchip.

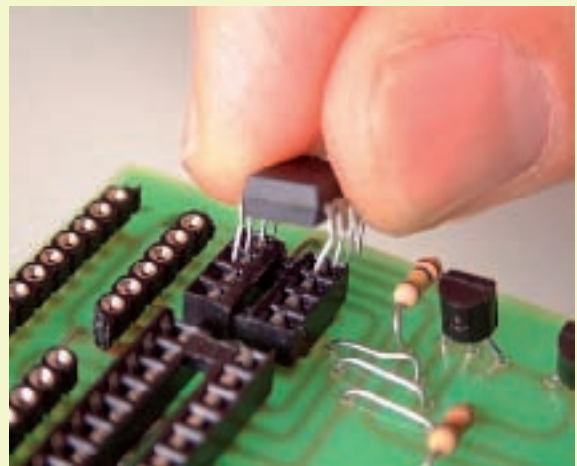


A.13. Vídeo: “El microchip”.

Tras la proyección del vídeo sobre el microchip, realizad un informe con, al menos, los siguientes apartados:

- Ámbitos de la vida en los que se aplica (comparar con las ideas previas en etapas anteriores del trabajo).
- Proceso de fabricación.
- Perspectivas de futuro.

El microprocesador. Realizar un informe sobre qué es y qué funciones desempeña.



Montaje de microchip en un circuito.

En la sociedad de la comunicación, las **tecnologías de la información y la comunicación** se han constituido en el elemento imprescindible para el desarrollo científico y tecnológico y están determinando las formas de vida y de relación social, la realidad laboral y el empleo del tiempo libre. Tras las primeras aplicaciones del silicio en componentes electrónicos, la evolución de estas tecnologías depende en gran medida del uso del **microchip**.

Éste es el resultado de integrar miles de componentes, y sus conexiones, en una pastilla de silicio monocristalino. La reducción del tamaño de los componentes permite fabricar circuitos que realizan funciones determinadas contenidos en una cápsula de plástico con patillas de conexión.

En la actualidad se emplean circuitos integrados de muy alta escala de integración (VLSI), que contienen millones de elementos en una placa de 1,5 mm de lado y 0,2 mm de espesor. De esta forma el uso del microchip se ha extendido a gran cantidad de usos y lo podemos encontrar, además de en ordenadores, en calculadoras, balanzas, vehículos, aparatos electrodomésticos, sistemas de control, sistemas de telefonía, juegos, etcétera.

Los sistemas electrónicos digitales se forman asociando distintos chips, cada uno con una función específica. De ellos los más sencillos pueden ser las puertas lógicas, con las funciones AND, OR NOT, NAND, NOR. Cuando los circuitos integrados son más complejos y realizan funciones tecnológicas concretas, se llaman subsistemas y pueden ser multiplexores, contadores, codificadores, registros, etcétera.

En función del grupo de alumnos y del desarrollo de la unidad se puede preparar un cuestionario sobre el vídeo “El microchip”, para que los alumnos resuman en un informe sobre el mismo los datos fundamentales acerca de estos elementos y de sus aplicaciones.

El **microprocesador** es un microchip que integra todos los elementos necesarios para procesar la información en un ordenador, por lo que se le conoce como el verdadero cerebro de la unidad central de proceso (CPU). Para cumplir su función realiza una gran cantidad de operaciones (no demasiado complejas), por lo que su característica más significativa es la velocidad de procesamiento que determina su potencia y capacidad de trabajo.

Se puede tener una idea básica, pero suficiente, acerca de cómo es y cómo se fabrica utilizando el vídeo: “Así se hace: el microprocesador”.

Como proyección de futuro, se puede proponer a los alumnos que busquen información sobre el silicio.

| La inteligencia artificial

La generalización del uso de microprocesadores, tan reciente, pero tan determinante de nuestra forma de vivir que parece convivir con nuestra sociedad desde siempre, también genera diferencias sociales y aumenta la separación entre el primer mundo y los países más pobres.



A.14. Usos del microprocesador.



Placa base de un ordenador.

- Identificar los aparatos de uso cotidiano que usan chips o microprocesadores para su funcionamiento.
- Relacionar con las “soluciones tecnológicas” disponibles en el Tercer Mundo.
- Realizar un debate de profundización acerca de la relación entre las aplicaciones tecnológicas y las desigualdades sociales.



A.15. Análisis SODA-MECA acerca de las aplicaciones del microchip y los microprocesadores.

C.15 Las tecnologías de la información y la comunicación tienen tal influencia en el desarrollo social que han llegado a convertirse en un **factor de desigualdad**, tanto dentro de cada país como a nivel global.

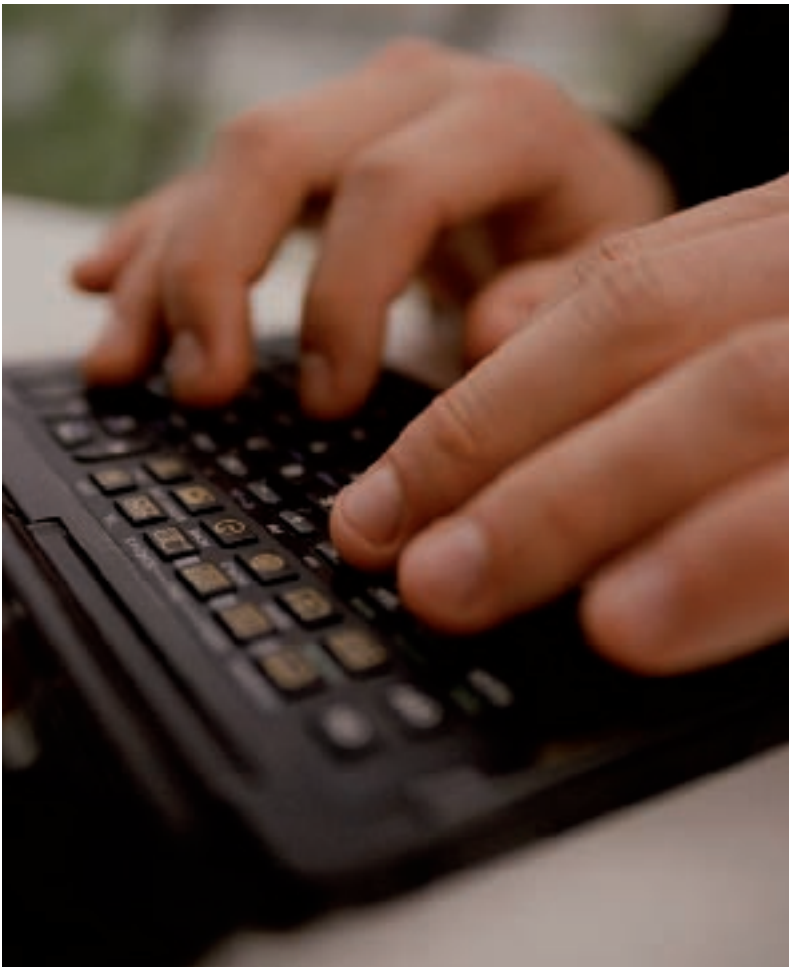
Esta idea puede ser planteada como inicio de un debate en el que distintos grupos de alumnos desempeñen diferentes roles para defender posturas enfrentadas: empresarios, sindicatos, líderes sociales del Tercer Mundo, representantes de ONG... Cada grupo debe preparar su estrategia para defender una determinada postura, elegir un portavoz y preparar una intervención. Tras el debate se debe dar una puesta en común y toma de conclusiones.

Ideas clave a enfatizar:

- La microelectrónica, la comunicación, la informática, la automatización de los procesos productivos se basan en el desarrollo de las TIC.
- La información tecnológica es objeto de comercio y, sin embargo, no la perdemos al darla a otra persona y su reproducción tiene un costo bajísimo.
- Los microprocesadores requieren producción masiva y los costos son muy bajos.

Otros temas que se pueden plantear:

- Influencia de las TIC en la organización de la producción y la organización del trabajo.
- ¿Es posible un comercio global solidario de la información y de la tecnología?



| ¿Es posible conseguir la inteligencia artificial?



Robot experimental.

La **inteligencia artificial** es la ciencia que desarrolla procesos de imitación de la inteligencia de los seres vivos. En principio, la inteligencia artificial ha conseguido imitar el comportamiento de insectos y otros animales para resolver problemas. Uno de los principales retos que se plantea el desarrollo de la I.A. es la imitación del comportamiento humano y, dentro de él, la gran dificultad es conseguir que las máquinas automáticas o robots lleguen a tener conciencia de sí mismos, como la tenemos los humanos.

Proyección de la película *Inteligencia Artificial A.I.* Cuestionario de ideas previas acerca del concepto. Si inteligencia significa autoconciencia, ¿estamos avanzando en este sentido? (también se podría utilizar películas como *Yo Robot* o algún documental).

A partir de aquí, tras ver una película como *Inteligencia Artificial* o *Yo Robot*, se puede plantear el debate sobre:

- ¿Es posible construir máquinas o robots con conciencia y emociones?
- En el caso de que se pudiera llegar a hacer, ¿sería éticamente correcto?
- ¿Qué consecuencias podría tener?

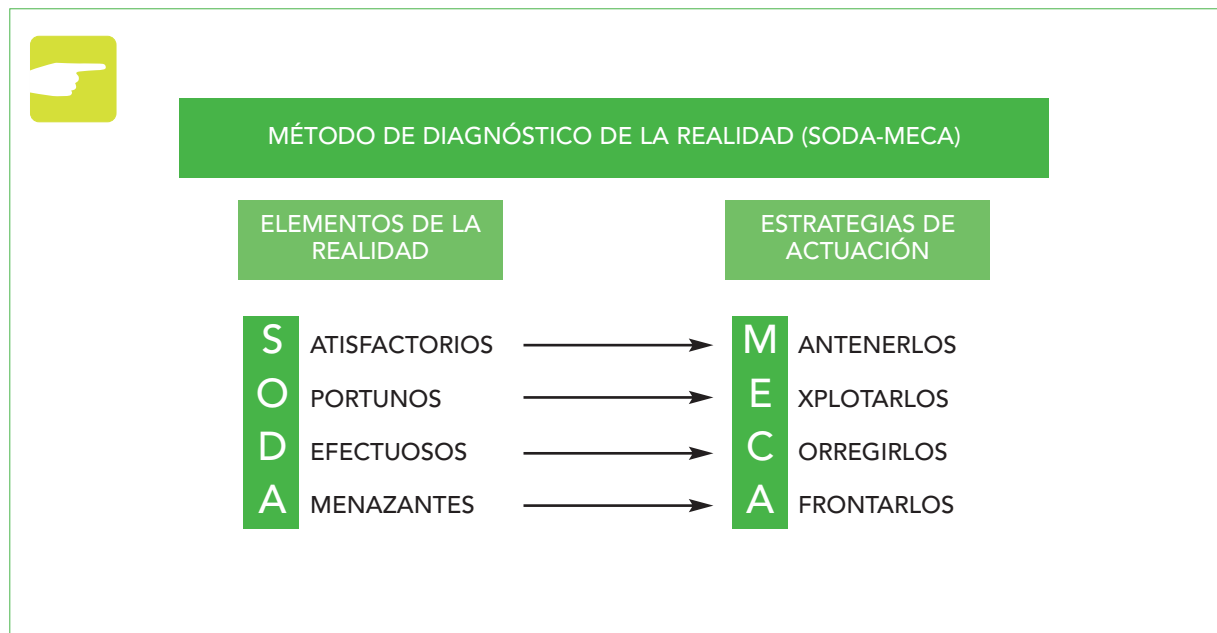
Es conveniente reforzar con la idea de la “lógica difusa”. Las máquinas toman cualquier dato como totalmente cierto o totalmente falso. El ser humano puede, y de hecho lo hace, establecer grados.

1. MÉTODO DE DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD

En este momento, además de aquellos en los que el profesor lo vea conveniente, puede ser muy útil emplear una estrategia metodológica de aplicación en el diagnóstico de la realidad, que puede permitir a los jóvenes conocer mejor el entorno en que se desenvuelven y elaborar estrategias de actuación propias para mejorar su situación en él. Así, los estudiantes podrán utilizarla a la hora de obtener datos reales sobre un problema o situación determinada.

Se trata del método SODA-MECA, muy similar a los análisis DAFO, pero que complementa el análisis con la propuesta de factores de mejora a partir de los elementos analizados. De esta forma se plantea que:

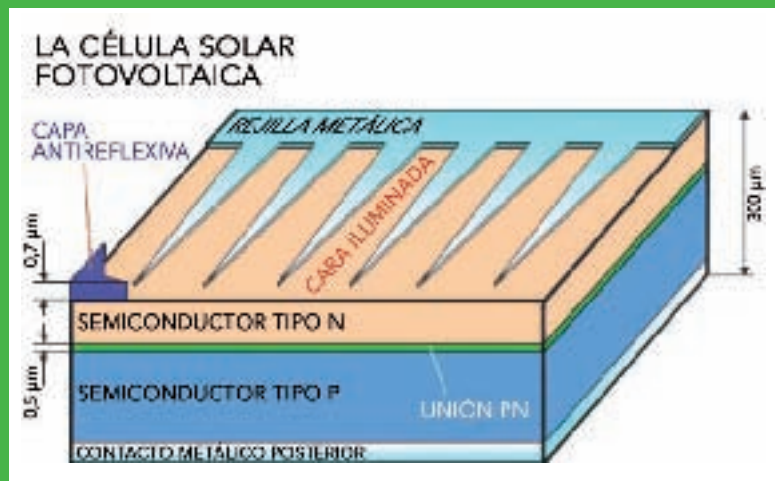
- Los elementos de la realidad que consideramos satisfactorios nos deben llevar a elaborar estrategias para mantenerlos y que sigan constituyendo puntos favorables en nuestra actuación.
- Los elementos que se presentan como una oportunidad deben ser explotados para convertirlos en puntos fuertes.
- Los elementos defectuosos deben ser tratados de forma que sean corregidos y dejen de obstaculizar las líneas de actuación que queremos desarrollar.
- Por último, aquellos factores de la realidad que podemos considerar como amenazas, deben ser afrontados.



| El silicio y la energía

El silicio tiene también propiedades fotovoltaicas, es decir, al recibir fotones se excita la circulación de electrones que origina una corriente eléctrica.

La energía solar fotovoltaica se basa en la propiedad de algunos semiconductores a base de silicio de generar una corriente de electrones al recibir fotones. Las **instalaciones fotovoltaicas** están constituidas por células formadas, a su vez, por obleas de silicio cristalizado.

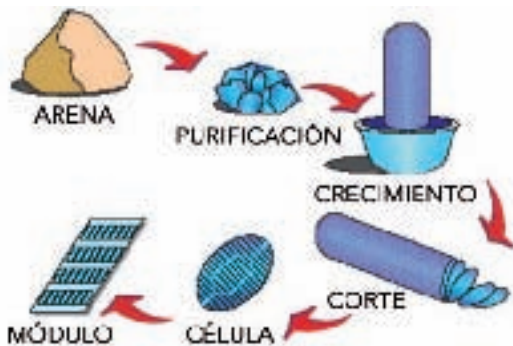


Constitución de una célula solar.

Varias células se interconectan en un panel fotovoltaico. La electricidad producida es corriente continua.

Las instalaciones pueden ser:

- Aisladas, en las que la energía producida es consumida en el propio edificio y sustituye al abastecimiento de electricidad a través de una compañía. Requieren de acumuladores para poder almacenar la energía producida e ir consumiéndola según las necesidades.
- Conectadas a red, en las que la energía se vende a una empresa distribuidora de electricidad incorporándose a la red de distribución después de convertir la corriente continua en alterna y de adecuar su voltaje. La instalación tiene, además de los paneles, un equipo de transformación y un inversor, además de ser necesario un contador de salida, además del contador de entrada que tiene cualquier edificio.



Proceso de fabricación de una célula solar.

Las instalaciones fotovoltaicas son cada día más frecuentes y su puesta en marcha está siendo potenciada para cumplir los acuerdos del Protocolo de Kioto.

Las energías alternativas se están potenciando a raíz de los acuerdos tomados en el **Protocolo de Kioto**. Éste es una herramienta de sostenibilidad global, que debe ser completada y concretada con otra serie de medidas.

En concreto, en nuestro país se han distintos programas oficiales para potenciar las energías alternativas y el ahorro energético, que incluyen subvenciones para la instalación de plantas de producción de energía y fomentan medidas de ahorro.

En el IDAE se pueden encontrar dos documentos que pueden ser motivo de análisis:


- Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España.
- Plan de Energías Renovables 2005-2010.



A.16. Energías renovables.

Realiza un informe sobre las células fotovoltaicas y su fabricación a partir del vídeo “Energías alternativas”. Cuestionario:

- Debate sobre las posibilidades de las energías alternativas de sustituir a otros tipos de energía.
- Describe mediante un esquema los elementos de una instalación básica fotovoltaica y la función que cumple cada uno.
- Haz un resumen de los puntos principales del Protocolo de Kioto y señala los datos de los compromisos que supone para nuestro país.
- Indica los programas oficiales de fomento y subvención a las energías renovables.

C.16 Si se quiere hacer un tratamiento más profundo de este tema también se puede utilizar el material audiovisual disponible en:  <http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/index.htm>



Instalación doméstica de energía solar fotovoltaica.

La proyección de un vídeo sobre energías alternativas puede dar pie a iniciar un estudio sobre las posibilidades reales de este tipo de sistemas de producción energética de sustituir a los convencionales, así como sus beneficios medioambientales.

| Problemas medioambientales



Proyección de *Una verdad incómoda* (se puede utilizar otro material).

El cambio climático y la sociedad desarrollada. Debate iniciado con una dramatización en la que los alumnos desempeñen roles o papeles relacionados con cada una de las posturas ante el tema. Crítica de la proyección desde esos roles.

El documental *Una verdad incómoda* aporta una herramienta de reflexión sobre la situación medioambiental del planeta y la crisis global que está generando el cambio climático. En él se aborda:

- La relación entre la frágil composición de la atmósfera, con los síntomas de cambio en el clima: cambios radicales en las precipitaciones y en las temperaturas, la desaparición de los glaciares, la multiplicación de los ciclones y la descongelación de los polos.
- La descripción de las principales consecuencias que puede tener: aumento del nivel del mar y modificación de la geografía, así como la creciente deforestación del planeta.
- La descripción de los hábitos contaminantes, de las acciones tecnológicas sobre el planeta y las consecuencias de la aplicación de las nuevas tecnologías.
- Propuestas de qué podemos hacer y qué actitudes debemos evitar para detener el cambio climático.

A partir de aquí, se plantea un debate con dramatización en el que varios grupos desempeñan roles (como ya se describió antes), centrando principalmente en tres posturas previas:

- Yo no tengo responsabilidad en el cambio climático, eso es cosa de los políticos.
- El cambio climático es el precio que hay que pagar para conseguir la sociedad del bienestar.
- El cambio climático puede tener consecuencias muy graves para el futuro de la sociedad global y debemos hacer todo lo posible para detenerlo.

Es muy importante facilitar la toma de conclusiones sobre lo que podemos hacer nosotros.

1. LA OBTENCIÓN DEL SILICIO

La explotación de los recursos naturales tiene siempre consecuencias para el medio ambiente y para la vida de las personas.

El silicio se obtiene generalmente en canteras y este proceso se ha convertido en motivo de controversia entre los intereses económicos y la protección medioambiental.



A.17. Problemática de las canteras.

Localiza información sobre:

- Noticias acerca de la problemática de las canteras.
- Datos sobre la evolución del desarrollo de la construcción y su relación con la actividad en canteras.

Aplicación de la técnica de SODA-MECA al análisis de la explotación de canteras y de la problemática social relacionada con ella.

Describe por escrito las conclusiones.



Retirada de áridos de una escombrera de granito.

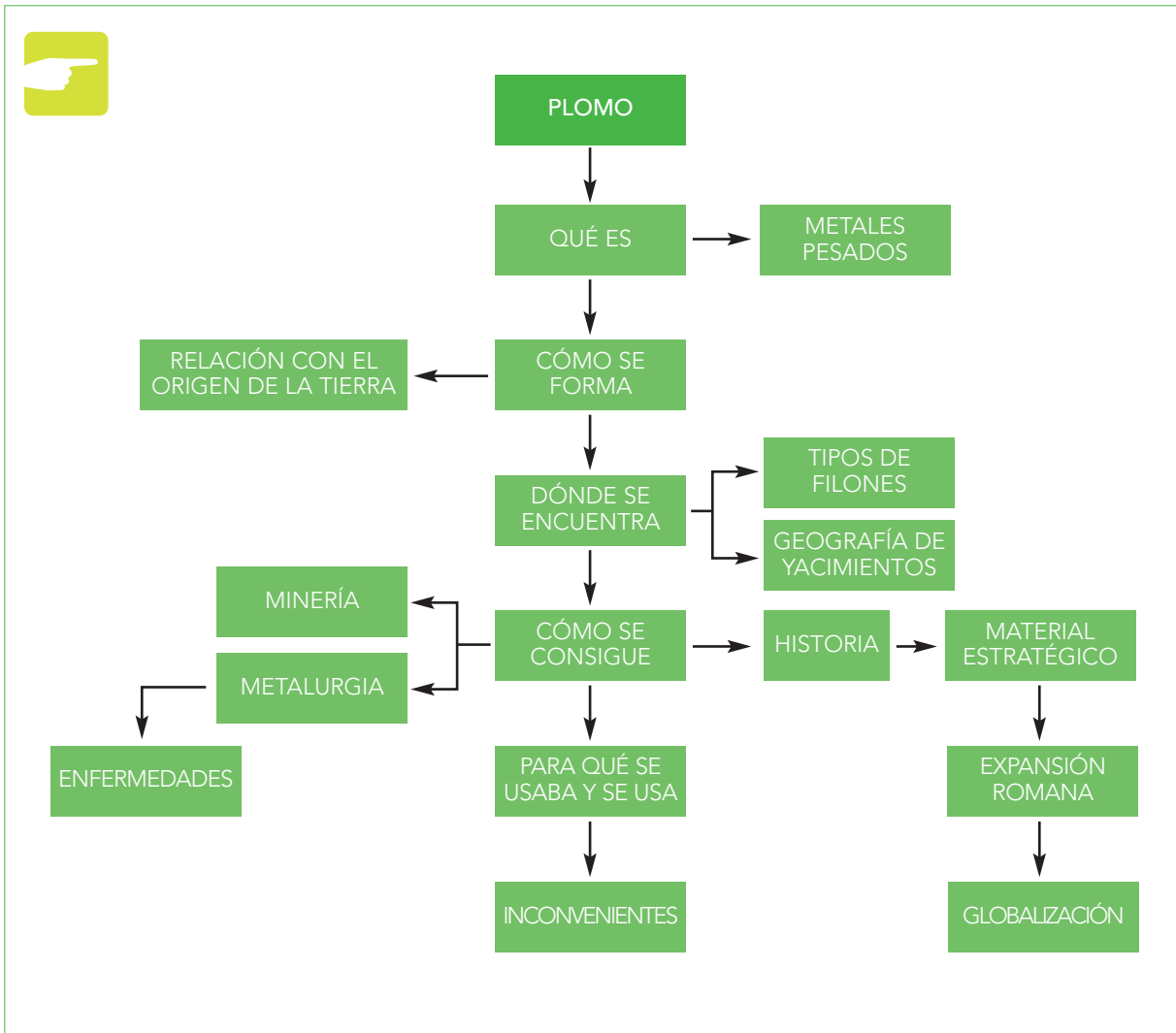
El **uso de áridos** se ha convertido en un elemento de controversia medioambiental. Se han convertido en un material estratégico por su empleo en hormigones para la construcción de edificios y obras públicas, en conglomerados para firmes de rodadura en carreteras y en rellenos, terraplenados y bases antihumedad en todo tipo de obras. El coste de extracción es bajo en comparación con el derivado de su transporte hasta los puntos de elaboración, lo que ha dado lugar a la búsqueda de canteras cercanas a las poblaciones.

En la propuesta de actividad sobre los **efectos de las canteras** se repite el uso de la estrategia de análisis de la realidad SODA-MECA.

Puede ser mucho más fácil si previamente encontramos información sobre posibles canteras en el entorno de nuestra localidad, sobre su influencia en la edificación, sobre el número de puestos de trabajo y sobre los problemas medioambientales que han generado o pueden generar.

Hay otros materiales, metales, materias primas o fuentes de energía que pueden servir de base para plantear un recorrido similar al propuesto para el silicio. Se pueden escoger en función de la realidad cercana al entorno de cada centro o por su significación en la realidad económica de una determinada comarca o región. Así, pueden también ser objeto de estudio el carbón, el plomo, el mercurio, etcétera.

En el siguiente gráfico se muestra un esquema base para un posible desarrollo de unidad utilizando el plomo como hilo conductor.



| Desarrollo curricular de la propuesta


1. OBJETIVOS

Los objetivos que se plantean para la asignatura de *Ciencias para el mundo contemporáneo* son marcadamente actitudinales y procedimentales.

Con esta propuesta de trabajo se pueden desarrollar en un grado aceptable todos y cada uno de ellos. Se desarrollan en mayor medida los objetivos 2, 3, 5, 7 y 8, en un grado algo menor el 1 y el 6, y menos a través de las fases de trabajo el 4, aunque la metodología propuesta se basa en gran medida en el uso de las TIC.

En realidad, la profundidad con que se trabaje cada uno de los objetivos quedará a criterio de cada profesor, en función de los medios de que disponga, de las características de cada grupo de alumnos y de las circunstancias de desarrollo de la programación.

Los objetivos que se trabajan se describen en el siguiente cuadro:



OBJETIVO	FASES DE TRABAJO EN QUE SE ABORDA
1. Conocer el significado cualitativo de algunos conceptos, leyes y teorías, para formarse opiniones fundamentadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas, que tengan incidencia en las condiciones de vida personal y global y sean objeto de controversia social y debate público.	3. Sílice, elemento básico de la Tierra. Silicio elemento químico. 6. Nuevos materiales del silicio. 10. El silicio y la energía. 11. Problemas medioambientales.
2. Plantearse preguntas sobre cuestiones y problemas científicos de actualidad y tratar de buscar sus propias respuestas, utilizando y seleccionando de forma crítica información proveniente de diversas fuentes.	0. El silicio a nuestro alrededor. 6. Nuevos materiales del silicio. 8. Importancia del silicio en las TIC. 9. ¿Inteligencia artificial? 11. Problemas medioambientales.

sigue>

>continúa	OBJETIVO	FASES DE TRABAJO EN QUE SE ABORDA
3. Obtener, analizar y organizar informaciones de contenido científico, utilizar representaciones y modelos, hacer conjeturas, formular hipótesis y realizar reflexiones fundadas que permitan tomar decisiones fundamentadas y comunicarlas a los demás con coherencia, precisión y claridad.		2. ¿El silicio tiene edad? 3. Sílice, elemento básico de la Tierra. Silicio elemento químico. 4. Usos del silicio en la historia. 5. Enfermedades asociadas al silicio.
4. Adquirir una imagen coherente de las tecnologías de la información, la comunicación y el ocio presentes en su entorno, propiciando un uso sensato y racional de las mismas para la construcción del conocimiento científico, la elaboración del criterio personal y la mejora del bienestar individual y colectivo.		6. Nuevos materiales del silicio. 8. Importancia del silicio en las TIC. Tratamiento metodológico.
5. Argumentar, debatir y evaluar propuestas y aplicaciones de los conocimientos científicos de interés social relativos a la salud, el medio ambiente, los materiales, las fuentes de energía, el ocio, etc., para poder valorar las informaciones científicas y tecnológicas de los medios de comunicación de masas y adquirir independencia de criterio.		4. Usos del silicio en la historia. 5. Enfermedades asociadas al silicio. 9. ¿Inteligencia artificial? 10. El silicio y la energía. 11. Problemas medioambientales.
6. Poner en práctica actitudes y valores sociales como la creatividad, la curiosidad, el antidogmatismo, la reflexión crítica y la sensibilidad ante la vida y el medio ambiente, que son útiles para el avance personal, las relaciones interpersonales y la inserción social.		8. Importancia del silicio en las TIC. 9. ¿Inteligencia artificial? 10. El silicio y la energía. 11. Problemas medioambientales.
7. Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de la calidad de vida, reconociendo sus aportaciones y sus limitaciones como empresa humana cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas al contexto cultural y social en el que se desarrollan.		2. ¿El silicio tiene edad? 4. Usos del silicio en la historia. 5. Enfermedades asociadas al silicio. 7. El silicio en la construcción. 8. Importancia del silicio en las TIC. 10. El silicio y la energía.
8. Reconocer en algunos ejemplos concretos la influencia recíproca entre el desarrollo científico y tecnológico y los contextos sociales, políticos, económicos, religiosos, educativos y culturales en que se produce el conocimiento y sus aplicaciones.		2. ¿El silicio tiene edad? 4. Usos del silicio en la historia. 7. El silicio en la construcción. 8. Importancia del silicio en las TIC. 10. El silicio y la energía.

2. CONTENIDOS

Los contenidos del **bloque 1: Contenidos comunes** se desarrollan en su totalidad a lo largo de las distintas fases de la propuesta de trabajo.

Tal como se ha descrito para los objetivos, la profundidad de su desarrollo queda a criterio de cada profesor.



CONTENIDOS	FASES DE LA PROPUESTA EN QUE SE ABORDAN
<p>Bloque 2. Nuestro lugar en el universo</p> <ul style="list-style-type: none"> • El origen del universo. La génesis de los elementos: polvo de estrellas. Exploración del sistema solar. • La formación de la Tierra y la diferenciación en capas. La tectónica global. 	<p>3. Sílice, elemento básico de la Tierra. Silicio elemento químico.</p>
<p>Bloque 3. Vivir más, vivir mejor</p> <ul style="list-style-type: none"> • La salud como resultado de los factores genéticos, ambientales y personales. Los estilos de vida saludables. • Las enfermedades infecciosas y no infecciosas. El uso racional de los medicamentos. Transplantes y solidaridad. 	<p>5. Enfermedades asociadas al silicio. 7. El silicio en la construcción.</p>
<p>Bloque 4. Hacia una gestión sostenible del planeta</p> <ul style="list-style-type: none"> • La sobreexplotación de los recursos: aire, agua, suelo, seres vivos y fuentes de energía. El agua como recurso limitado. • Los impactos: la contaminación, la desertización, el aumento de residuos y la pérdida de biodiversidad. El cambio climático. • La gestión sostenible de la Tierra. Principios generales de sostenibilidad económica, ecológica y social. Los compromisos internacionales y la responsabilidad ciudadana. 	<p>4. Usos del silicio en la historia. 10. El silicio y la energía. 11. Problemas medioambientales.</p>

sigue>

>continúa

OBJETIVO	FASES DE LA PROPUESTA EN QUE SE ABORDAN
<p>Bloque 5. Nuevas necesidades, nuevos materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • La humanidad y el uso de los materiales. Localización, producción y consumo de materiales: control de los recursos. • El desarrollo científico-tecnológico y la sociedad de consumo: agotamiento de materiales y aparición de nuevas necesidades, desde la medicina a la aeronáutica. • La respuesta de la ciencia y la tecnología. Nuevos materiales: los polímeros. Nuevas tecnologías: la nanotecnología. • Análisis medioambiental y energético del uso de los materiales: reutilización y reciclaje. Basuras. 	<ol style="list-style-type: none"> 0. El silicio a nuestro alrededor. 2. ¿El silicio tiene edad? 4. Usos del silicio en la historia. 6. Nuevos materiales del silicio. 7. El silicio en la construcción.
<p>Bloque 6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento, almacenamiento e intercambio de la información. El salto de lo analógico a lo digital. • Tratamiento numérico de la información, de la señal y de la imagen. • Internet, un mundo interconectado. Compresión y transmisión de la información. Control de la privacidad y protección de datos. • La revolución tecnológica de la comunicación: ondas, cable, fibra óptica, satélites, ADSL, telefonía móvil, GPS, etc. Repercusiones en la vida cotidiana. 	<ol style="list-style-type: none"> 8. Importancia del silicio en las TIC. 9. ¿Inteligencia artificial? <p>Se trabaja de forma práctica a través de la realización de las actividades propuestas.</p>

3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN

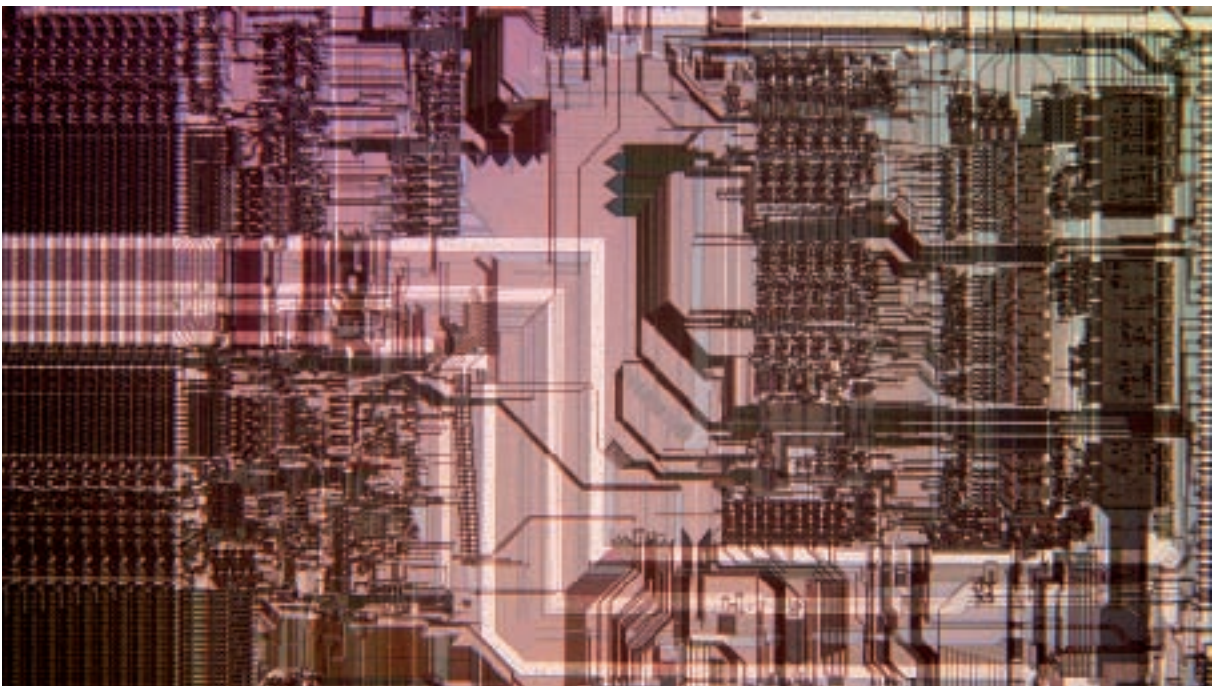
En esta propuesta de trabajo son de aplicación todos los criterios de evaluación menos el número 8.

4. CONOCIMIENTOS PREVIOS

En general, los contenidos de esta propuesta de trabajo pueden desarrollarse a partir de los contenidos que se trabajan en 3º y 4º de ESO de las áreas de Ciencias Naturales, Ciencias Sociales, Física y Química y Tecnología.

5. CONTENIDOS CONCEPTUALES

- Actividades humanas en la Prehistoria: Paleolítico. Industria lítica.
- Revolución neolítica. Herramientas: instrumentos de incisión, instrumentos de golpeo. Armas.
- La sílice, material básico abundante en la corteza terrestre.
- Origen de los elementos químicos por fusión.
- Características físico-químicas del silicio.
- Edades del Cobre y del Bronce: asentamientos humanos, estructura social, herramientas y utensilios.
- La actividad minera: descripción básica de técnicas. Condiciones de seguridad.
- La silicosis, cómo se adquiere, síntomas, tratamiento. Evolución de la enfermedad y evolución de la minería.
- Presencia del silicio en los alimentos y las bebidas. Hábitos alimenticios saludables.
- Semiconductores: constitución. Propiedades.
- Tipos de semiconductores. Materiales dopantes. Diodos y transistores.
- Puertas lógicas. Circuitos integrados.
- Álgebra de Boole. Sistema binario. Tablas de verdad.
- Materiales de construcción más comunes. Áridos: usos en la edificación.
- El hormigón: constitución y aplicaciones. Estructuras de hormigón armado.
- Concepto de inteligencia artificial.
- Constitución de los ordenadores. Hardware. Componentes.
- Producción de energía eléctrica. Energías alternativas.
- Propiedades fotovoltaicas de los semiconductores. Instalaciones fotovoltaicas: elementos. Funcionamiento.



6. MATERIALES DIDÁCTICOS QUE SE PUEDEN UTILIZAR

Sólo como indicaciones de posibles materiales:

- Vídeos:

- Serie *Así se hace* de Discovery: el vidrio; circuitos impresos; reciclaje.
- “El microchip” de Discovery.
- Serie *Energías alternativas* de Discovery.
- *Una verdad incómoda*.
- Serie *Cosmos*.
- *Robots* de Discovery.
- DVD de *Inteligencia Artificial A.I.*
- DVD de *Yo Robot*.

- Textos:

- *Cosmos*, de Carl Sagan.
- *El ogro rehabilitado*, de Anselmo López.
- *Crónica de la técnica*.
- *Guía práctica de la energía*, del IDAE.

- Unidades didácticas elaboradas.

- Algunas direcciones web:

- @ <http://www.bocamina.com/esp/home.htm>
- @ http://www.ih.csic.es/proyectos/proy_preh.htm
- @ http://www.losh.ucla.edu/catalog/factsheets/silice_espanol.pdf
- @ http://www.uned.es/cristamine/min_descr/grupos/silice/silice_gr.htm
- @ <http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Si.htm>
- @ <http://www.ecovidrio.es>
- @ <http://www.reciclavidrio.com/entrar.htm>
- @ <http://www.monografias.com/trabajos11/vidrio/vidrio.shtml#FABRIC>
- @ <http://roble.cnice.mecd.es/~jsaa0039/cucabot/semiconductores-intro.html>
- @ <http://www.solarweb.net/>
- @ http://salud.discapnet.es/Castellano/Salud/Prevencion_Riesgos/Enfermedades/Paginas/Silicosis.aspx
- @ <http://archivo.greenpeace.org/GuiaSolar/S-general.htm#general2>
- @ <http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/index.htm>



| UNIDAD TEMÁTICA 6 |

DE LA EMERGENCIA PLANETARIA
A LA CONSTRUCCIÓN DE UN FUTURO SOSTENIBLE

Amparo Vilches Peña

Catedrática de Física y Química del IES Sorolla
Profesora del Departamento de Didáctica de las Ciencias
Experimentales de la Universidad de Valencia

Daniel Gil Pérez

Catedrático del Departamento de Didáctica de las Ciencias
Experimentales de la Universidad de Valencia

| Comentarios preliminares para el profesorado que imparta el tema

Existen poderosas razones para dedicar un capítulo, en una disciplina como *Ciencias para el mundo contemporáneo*, a la educación para la sostenibilidad, respondiendo a los llamamientos de diversos organismos y conferencias internacionales para que **todos los educadores**, cualesquiera sea nuestro campo específico de trabajo, contribuyamos a que los ciudadanos y ciudadanas adquieran una correcta percepción de los problemas y desafíos a los que se enfrenta hoy la humanidad y puedan así participar en la necesaria toma de decisiones fundamentadas (*Naciones Unidas, 1992*).


Pero, ¿por qué tienen lugar ahora estos llamamientos? ¿Por qué se insiste hoy en día en que todos los educadores incorporemos la atención al estado y futuro del mundo como una dimensión esencial de nuestra actividad? ¿Por qué Naciones Unidas promueve una “Década de Educación para el Desarrollo Sostenible” (2005-2014)? Es necesario recordar que hasta hace bien poco nuestras preocupaciones e intereses se centraban en problemas locales. Hasta la segunda mitad del siglo XX, nuestro planeta parecía inmenso, prácticamente sin límites, y los efectos de




las actividades humanas quedaban localmente compartimentados. Esos compartimentos, sin embargo, han empezado a disolverse durante las últimas décadas y muchos problemas (efecto invernadero, destrucción de la capa de ozono, lluvia ácida...) han adquirido un carácter global que ha convertido “la situación del mundo” en objeto directo de preocupación.

Informes provenientes de instituciones internacionales como el Worldwatch Institute, reuniones y conferencias mundiales o el mismo Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo vienen proporcionando, año tras año, una visión bastante sombría, pero desgraciadamente bien fundamentada, del estado del mundo (Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988; Naciones Unidas, 1992; Worldwatch Institute, 1984-2007). Ésa es la razón fundamental de los llamamientos realizados a todos los educadores, para que incorporem la situación del mundo a nuestra labor docente.

Ése es el objetivo del programa de actividades que presentamos a continuación, diseñado, a partir de materiales precedentes (*Gil Pérez y Vilches, 2005*), para ser impartido en la disciplina *Ciencias para el mundo contemporáneo*, que contiene el bloque de contenidos “Hacia una gestión sostenible del planeta”.

Se trata de un material concebido para orientar el trabajo de los estudiantes en clases estructuradas en equipos de 4-5 estudiantes. Junto con las actividades propuestas para los equipos, se incluyen aquí comentarios dirigidos al profesorado, que se completan con una serie de “temas de acción clave” (a los que puede accederse en la página web dedicada a la “Década de la Educación por un Futuro Sostenible”,  <http://www.oei.es/decada/>), que abordan más detenidamente los contenidos tratados en el programa de actividades, ofreciendo además bibliografía complementaria y vínculos a algunas web de interés.

La versión del programa de actividades que se entrega a los estudiantes no incluye, como es natural, estos comentarios. Constituye el material de trabajo para que los equipos puedan (re)construir, con la ayuda del profesor, una visión global de los problemas que caracterizan la actual situación de *emergencia planetaria* (*Bybee, 1999*), sus causas y, muy especialmente, las medidas que es necesario adoptar para hacer posible un futuro sostenible.

Este programa de actividades puede desarrollarse mediante la presentación en power point titulada “De la emergencia planetaria a la construcción de un futuro sostenible”, disponible en  <http://www.uv.es/vilches/novedades.htm>, que incluye los comentarios para el profesor en diapositivas que quedan ocultas en el modo “presentación”.

| Introducción

Iniciamos el estudio de un capítulo cuyo título tiene dos partes claramente diferenciadas. Una primera “De la emergencia planetaria”, que nos llevará a hablar de problemas, de problemas muy serios y preocupantes, por lo que habrá que tener presente en todo momento la segunda parte del título: “A la construcción de un futuro sostenible”. Porque el necesario estudio de los problemas está al servicio de la búsqueda de soluciones y, como iremos viendo, esas soluciones existen y estamos a tiempo de adoptar las medidas necesarias.



Para comenzar, señalaremos que se trata de un capítulo concebido para ayudar a vencer el síndrome de la “rana hervida”.



A.1. ¿Habéis oído hablar del síndrome de la rana hervida? Recordémoslo: si intentamos introducir una rana en agua caliente, da un salto y escapa; pero si la introducimos en agua a temperatura ambiente y procedemos a calentarla lentamente, la rana permanece en el agua hasta morir hervida. ¿Qué explicación podemos dar a este comportamiento? ¿Qué nos sugiere?

C.1 Comenzamos llamando la atención de los estudiantes con el síndrome de la rana hervida, al que se refiere Al Gore (2007) en el libro *Una verdad incómoda* y en su película del mismo título. El alumnado intuye sin dificultad que la explicación más plausible es que la rana no percibe la gravedad de los cambios paulatinos y permanece por ello en el agua hasta morir hervida (¡si no la sacamos antes!). Y la pregunta que Al Gore y muchos otros nos formulamos es: ¿no nos estará pasando igual a los seres humanos?

La cuestión estriba, pues, en lograr que la especie humana “salte” antes de sucumbir víctima inconsciente de los “pequeños cambios”. Ése es el objetivo central de la “Década de la Educación por un Futuro Sostenible”: contribuir a que seamos conscientes, cuanto antes, de la gravedad de la situación, sus causas y medidas que se requiere adoptar; porque, aunque se están agotando las posibilidades de evitar un desastre global e irreversible, aún estamos a tiempo de saltar. *Y debemos hacerlo ya.*

Si queremos superar este síndrome, es preciso dedicar atención a los problemas con los que nos enfrentamos. Se trata de plantearnos, en primer lugar, a qué problemas ha de hacer frente hoy la humanidad; ello nos permitirá comprender hasta qué punto se puede hablar de emergencia planetaria o ver si se trata, como algunos sostienen, de una exageración. Y sobre todo nos ayudará a determinar qué podemos hacer.



A.2. Enumerad los problemas a los que, en vuestra opinión, hemos de hacer frente hoy los seres humanos. Es preciso hacer un esfuerzo para no olvidar ningún problema importante porque, como veremos, están estrechamente relacionados, e ignorar alguno puede bloquear el tratamiento del conjunto.

C.2 Ésta es la pregunta que planteamos a los equipos de trabajo, anunciándoles que después anotarán sus contribuciones en la pizarra. Ello genera una actividad bastante dinámica. Se trata de que enumeren cuáles son, en su opinión, los problemas a los que conviene prestar atención, para proceder después a una puesta en común y cotejar sus aportaciones con lo que señalan los expertos.

Aprovechamos para avanzarles nuestra expectativa de que el conjunto de sus aportaciones cubrirá la casi totalidad de aspectos a los que se refieren los expertos (que nosotros hemos recogido en diapositivas que les mostraremos para reforzar sus contribuciones).

Esto es importante porque nos hace ver que una reflexión colectiva como la propuesta permite aproximarse a la necesaria visión global, mientras que cuando se pide una reflexión individual, se obtienen, en general, visiones muy fragmentarias, a menudo centradas casi exclusivamente en los problemas de contaminación ambiental y agotamiento de recursos, con olvido de otros aspectos íntimamente relacionados e igualmente relevantes. Algo que hemos constatado reiteradamente con equipos de profesores y también con los estudiantes y grupos de ciudadanos y ciudadanas. Esa reflexión colectiva, por otra parte, permite comprender mejor la información rigurosa proporcionada por los expertos, porque responde a cuestiones que nos hemos planteado previamente.

De hecho, aunque las aportaciones de cada equipo proporcionan frecuentemente visiones muy incompletas, *el conjunto* de las contribuciones de los distintos equipos suele cubrir buena parte de los aspectos considerados por los expertos (aunque, claro está, con formulaciones menos elaboradas). Ello permite apoyarse en dichas contribuciones para plantear la discusión de los problemas y desafíos a los que la humanidad ha de hacer frente. De esta forma se puede construir una concepción preliminar de la tarea que actúa como hilo conductor para el desarrollo del programa de actividades.

Es preciso insistir en que intenten no olvidar ningún problema importante porque, dada su estrecha vinculación, ignorar alguno puede bloquear el tratamiento del conjunto. El interés de la actividad que se les propone estriba precisamente en la adquisición, gracias a las aportaciones de todos, de una concepción global de la situación.

El hecho de trabajar en pequeños grupos y de saber que han de exponer sus aportaciones genera, como ya hemos señalado, una participación bastante intensa que podemos estimular haciendo salir a la pizarra, al cabo de un cierto tiempo, a un miembro de uno de los grupos para que anote lo que su grupo ha elaborado hasta el momento; a continuación proponemos a un miembro de otro grupo que añada lo que su grupo tiene de nuevo, etc. Se oyen frases como: “Todo lo que tenemos ya lo han escrito... hemos de pensar algo más”.

Y, efectivamente, eso estimula nuevas aportaciones. Cuando lo considere conveniente puede proponer pasar a la puesta en común de los problemas enumerados, intentando poner de relieve su estrecha vinculación y la necesidad, pues, de tenerlos todos presentes para construir una visión global, integrada, de la situación.

Tras esta reflexión inicial, proponemos la discusión de los problemas recogidos, cotejando después las distintas aportaciones con la información de especialistas proporcionada por el profesor. Estructuramos esta tarea en varios apartados, comenzando por un análisis del creciente deterioro del planeta, seguido por la discusión de sus posibles causas y, finalmente, por el estudio de las medidas que se deben adoptar. Pasamos así a comentar las distintas aportaciones realizadas en torno a cuáles son los problemas y sus estrechas vinculaciones, que obligan a su tratamiento conjunto.

| La degradación de la vida en el planeta


Quizá el problema más frecuentemente señalado, cuando se reflexiona sobre la situación del mundo, es el de la contaminación ambiental y sus secuelas. Conviene hacer un esfuerzo por profundizar en lo que supone esta contaminación, enumerando las distintas formas que se conozcan y las consecuencias que se derivan.



A.3. ¿Qué formas de contaminación os parecen preocupantes?

Tras exponer vuestras opiniones, realizar o recopilar fotos ilustrativas, recoger noticias de prensa al respecto y analizar la información proporcionada por el profesor o que podáis obtener de diversas fuentes, para completar el análisis de lo que supone este grave problema planetario.

Proceder también a realizar medidas y cálculos estimativos que ayuden a valorar la incidencia y consecuencias de alguna forma de contaminación.

C.3 Nos remitimos al tema de acción clave dedicado a “contaminación sin fronteras” ( <http://www.oei.es/decada/accion005.htm>) y a las referencias allí incluidas para profundizar en este aspecto.

Conviene plantear desde el principio que no hay fronteras para los humos contaminantes, ni para la radioactividad, ni para los vertidos que lanzamos en ríos y mares. Señalar esto es muy importante porque es una muestra del *carácter planetario* de los problemas o, más

precisamente, del carácter *a la vez local y global* de los mismos: los humos contaminantes afectan, en primer lugar y más gravemente, a quienes viven en las proximidades de las chimeneas emisoras; pero esos humos se diluyen en la atmósfera común y terminan afectando a todo el planeta. Es preciso, además, si queremos que se comprenda la gravedad de los problemas, no conformarse con hablar de “contaminación”, sino que debemos profundizar en sus diversas formas. Se puede pedir, pues, a los grupos de trabajo, que indiquen verbalmente, de una manera ágil, formas de contaminación que conozcan o secuelas de dicha contaminación (además de las que puedan haber escrito ya). Las aportaciones más frecuentes se refieren a las siguientes formas de contaminación:



- Del aire, por procesos industriales, calefacción, transporte, etcétera.
- De los suelos por almacenamiento de basuras, de sustancias sólidas peligrosas, como las radiactivas, metales pesados, plásticos no biodegradables, etcétera.
- De las aguas superficiales y subterráneas, por los vertidos sin depurar de líquidos contaminantes, de origen industrial, urbano, agrícola, etcétera.

Hay que resaltar la contaminación de suelos y aguas producida por los denominados **COP** (Contaminantes Orgánicos Persistentes), la mayoría fertilizantes y pesticidas, que constituyen verdaderos venenos para los seres vivos y el medio ambiente. Conviene insistir, sobre todo, en lo que suele pasar desapercibido, como los mal llamados “accidentes”, o los conflictos bélicos.

A esta contaminación contribuyen de forma alarmante los denominados impropriamente “**accidentes**”, asociados a la producción, transporte y almacenaje de materias peligrosas (radiactivas, metales pesados, petróleo...). Y decimos impropriamente porque accidente es aquello que no forma parte de la esencia o naturaleza de las cosas, pero desastres ecológicos como los provocados por el hundimiento del “Exxon Valdez”, el “Erika” o el “Prestige”, la ruptura de oleoductos, etc., no son accidentales, sino *catástrofes anunciadas*, estadísticamente inevitables, dadas las condiciones en que se realizan esas operaciones. Y todavía ha sido más notable la incidencia que han tenido en esta contaminación (y, absurdamente, siguen teniendo), los conflictos bélicos, que resultan auténticos atentados contra el medio ambiente (no hay nada tan contaminante como las guerras).

Conviene, además, detenerse en otras formas de contaminación que suelen quedar, en general, relegadas como problemas menores pero que son igualmente perniciosas:

- La contaminación **acústica**, asociada a la actividad industrial, al transporte y a una inadecuada planificación urbanística, causa de graves trastornos físicos y psíquicos.

- La contaminación **lumínica** que en las ciudades afecta al reposo nocturno de los seres vivos, alterando sus ciclos vitales, y que suprime el paisaje celeste, lo que constituye una contaminación **visual** que altera y degrada el paisaje, a la que están contribuyendo gravemente todo tipo de residuos, un entorno urbano antiestético, etcétera.
- La contaminación del espacio orbital, próximo a la Tierra, con la denominada **chatarra espacial**, cuyas consecuencias pueden ser funestas para la red de comunicaciones que ha convertido nuestro planeta en una aldea global.

Entre las secuelas de la contaminación es preciso mencionar la lluvia ácida, el incremento del efecto invernadero, la destrucción de la capa de ozono... y, como resultado de todo ello, **el cambio climático global** cuyas consecuencias, ya visibles, pueden ser devastadoras.

Esta actividad puede enriquecerse sugiriendo la realización de medidas o cálculos estimativos que ayuden a valorar la incidencia y consecuencias de alguna de las formas de contaminación contempladas. Se puede pedir a los estudiantes, por ejemplo, la medida de la contaminación acústica con sonómetros, de la acidez de aguas en zonas sometidas a la lluvia ácida, de la cantidad de desechos abandonados en un parque, etc. Y se pueden pedir cálculos estimativos de la cantidad de CO₂ que libera un automóvil o una simple bombilla incandescente.

Algunas de las secuelas de la contaminación que se mencionan conectan con la destrucción de los recursos naturales. Así, al hablar de la lluvia ácida se hace referencia a, por ejemplo, el deterioro de los bosques (causa, a su vez, del aumento del efecto invernadero). Se aprecia así la estrecha vinculación de los problemas y se da paso al tratamiento de la cuestión del agotamiento de los recursos naturales.

Asociado al problema de la contaminación se suele hacer referencia a la destrucción y sobreexplotación de los recursos naturales, que está conduciendo a su agotamiento. Conviene abordar más detenidamente lo que supone esa desaparición de recursos.





A.4. ¿Cuáles son, en vuestra opinión, los recursos cuyo agotamiento resulta preocupante? Comparad vuestras estimaciones con la información disponible.

- C.4** Junto con la contaminación, se trata de uno de los problemas que más preocupan, de entrada, a estudiantes y docentes. Sobre este problema se señaló en la Cumbre de la Tierra que el consumo de recursos superaba ya entonces en un 25% a las posibilidades de recuperación. Y, cinco años después, en el llamado Foro de Río de Janeiro + 5, se alertó sobre la aceleración del proceso, de forma que el consumo a escala planetaria superaba ya el 33% de las posibilidades de recuperación.

Entre los recursos naturales cuyo agotamiento preocupa en la actualidad, debemos mencionar, además de las fuentes fósiles de energía y los yacimientos minerales, que son los

que se suelen mencionar en primer lugar, la grave y acelerada pérdida de la capa fértil de los suelos, el retroceso de la masa forestal —como consecuencia de su uso como fuente de energía, incendios, actividades madereras, etc.—, la disminución de las pesquerías (debido a la utilización de técnicas de red de arrastre, al incremento de las capturas, etc.) o el drástico descenso de los recursos hídricos, debido a la contaminación, al creciente consumo de agua y a la explotación de acuíferos subterráneos, que ha dado lugar a su salinización.

Conviene detenerse en destacar el papel esencial de los sumideros como auténticos recursos (lo que no suele tenerse en cuenta, porque aparentemente “no cuestan dinero”): son esenciales para hacer desaparecer los contaminantes, algo tan necesario para la vida como los otros recursos mencionados. Y sí “cuestan dinero”, mucho dinero... aunque no lo paga cada uno. Se trata de recursos que estamos también perdiendo: los suelos, los océanos, el aire están saturándose de sustancias contaminantes; no podemos, por ejemplo, seguir lanzando CO₂ a la atmósfera, etcétera.

Véase el tema de acción clave ( <http://www.oei.es/decada/accion23.htm>) dedicado al agotamiento de recursos y el denominado “Nueva cultura del agua” ( <http://www.oei.es/decada/accion06.htm>).



A.5. ¿Dónde se potencian y resultan más graves estos problemas, estrechamente vinculados, de contaminación y agotamiento de recursos?

- C.5** Hablar de agotamiento y destrucción de recursos (debido a distintas formas de contaminación) nos muestra la estrecha relación entre los problemas analizados hasta aquí. Y es posible conectar ahora con otro grave problema, el de la urbanización que, en general, no suele mencionarse de entrada. Basta plantear, ¿dónde se potencian y resultan más graves estas problemáticas de contaminación y agotamiento de recursos? Los estudiantes suelen dar dos tipos de respuestas: se refieren “a los países del Tercer Mundo, que son los más afectados”, pero también a las ciudades. A veces es preciso insistir y preguntar: “¿y en cada país, dónde resultan más graves estas problemáticas de contaminación y agotamiento de recursos?”. Siempre hay, lógicamente, quien se refiere a las ciudades (y ello vale para nuestros países y también para los del Tercer Mundo).

La creciente urbanización desordenada y especulativa constituye un problema que a menudo se olvida cuando se piensa en la situación del mundo, pero sus efectos son notorios. Un reciente informe de Naciones Unidas señala que en 2007, por primera vez, habrá más habitantes en las ciudades que en zonas no urbanas y que ese crecimiento tiene lugar fundamentalmente en suburbios sin infraestructuras, etcétera.

En España, según datos del Observatorio de Sostenibilidad, si se mantuviera el ritmo actual de urbanización, en el plazo de 10 años se duplicaría todo el suelo urbanizado “desde los romanos hasta hoy”. También resulta de sumo interés el informe del Worldwatch

Institute de 2007, *El estado del mundo 2007. Nuestro futuro urbano*, dedicado íntegramente a esta problemática (véase el tema de acción clave “Urbanización y sostenibilidad” en <http://www.oei.es/decada/accion20.htm>).



A.6. ¿Cuáles pueden ser las consecuencias del actual crecimiento urbano, acelerado y desordenado? Preparad una exposición fotográfica ilustrativa.

C.6 Como hemos señalado, éste es un aspecto mucho menos tenido en cuenta, inicialmente, al reflexionar sobre los problemas del planeta. Conviene, pues, detenerse en comentar las razones por las que preocupa hoy un crecimiento urbano cuya aceleración se refleja en cifras como éstas: si en 1900 sólo un 10% de la población mundial vivía en ciudades, en el año 2000 el porcentaje era del 50% y se calcula que en el 2025 habrá 5.000 millones de personas viviendo en ciudades y de ellos el 75% será en los países pobres.

En tan sólo 65 años, señalaba la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (*CMMAD, 1988*), “la población urbana de los países en desarrollo se ha *decuplicado*”. Y según el informe de Naciones Unidas: “UN-habitat: el estado de las ciudades 2006-2007”, en 2030, si se continúa con el actual ritmo de crecimiento, de una población de unos



8.100 millones de habitantes, más de 5.000 vivirán en ciudades. Ciudades que utilizan alrededor de un 75% de los recursos mundiales y desalojan cantidades semejantes de desechos. Y ese aumento rapidísimo de la población de las ciudades no ha ido acompañado del correspondiente crecimiento de infraestructuras, servicios y viviendas, por lo que, en vez de aumento de calidad de vida, nos encontramos con ciudades literalmente asfixiadas por el automóvil y con barrios periféricos que son verdaderos “guetos” de cemento de una fealdad agresiva, o, peor aún, con asentamientos “ilegales” (“favelas”, “bidonvilles”, “chabolas”), que crecen como un cáncer, sin agua corriente, ni saneamientos, ni escuelas, ni transporte. Según el informe de Naciones Unidas citado, la población chabolista alcanzará en 2007 los mil millones de personas.

Según los expertos, las razones principales por las que preocupa hoy el crecimiento urbano desordenado y asociado al abandono del campo y a una pérdida de calidad de vida son:

- El problema de los residuos generados y sus efectos contaminantes en suelos y aguas.
- Las bolsas de alta contaminación atmosférica (creadas por la densidad del tráfico, calefacción, las incineradoras, etc.) acústica y lumínica, con sus secuelas de enfermedades respiratorias, estrés...
- La destrucción de terrenos agrícolas fértiles.

- La especulación e imprevisión que llevan a un crecimiento desordenado (con asentamientos “ilegales” sin la infraestructura necesaria), al uso de materiales inadecuados, a la ocupación de zonas susceptibles de sufrir las consecuencias de catástrofes naturales...
- El aumento de los tiempos de desplazamiento y de la energía necesaria para ello.
- La desconexión con la naturaleza.
- Los problemas de marginación, violencia e inseguridad ciudadana, que crecen con el tamaño de las ciudades.

La exposición de fotografías solicitada (que puede completarse con textos que las comenten) favorece la implicación de los alumnos en la discusión de estos problemas, en acciones de difusión dirigidas al barrio, etcétera.

Los problemas mencionados hasta aquí: contaminación ambiental, urbanización desordenada y agotamiento de recursos naturales, se refuerzan mutuamente, están estrechamente relacionados, con consecuencias de degradación globales, que afectan a todo el planeta, en las que es preciso detenerse.



A.7. Los problemas estrechamente vinculados que acabamos de analizar (contaminación, agotamiento y destrucción de recursos, urbanización desordenada) no sólo afectan a las ciudades, sino a todo el planeta. Es preciso, por tanto, preguntarse cuáles son sus consecuencias globales o, dicho de otro modo, qué otros problemas aparecen asociados a los mismos.

- C.7** En general, no es necesario dedicar mucho tiempo a la realización de esta actividad puesto que estas consecuencias globales ya se habrán contemplado, en buena parte, al enumerar los problemas. De hecho, hay que señalar que no tiene importancia insistir en estas distinciones entre problemas, causas o consecuencias: todos los problemas se potencian mutuamente. Lo esencial es tenerlos todos en cuenta y no olvidar su estrecha vinculación. Se puede comenzar, pues, revisando lo que ya hayan señalado (suelen ser frecuentes las referencias a la extinción de especies o al incremento de catástrofes y, últimamente, al cambio climático) y ver si tienen algo que añadir. Después se puede proceder a una recapitulación más ordenada como la que desarrollamos a continuación.

Comenzaremos refiriéndonos a la degradación de *todos* los ecosistemas de la Tierra (bosques, praderas, humedales, arrecifes de coral...) y, de forma especial, al papel que en ello juega el *incremento* del efecto invernadero y el **cambio climático** que genera (véase en <http://www.oei.es/decada/accion17.htm> el tema de acción clave dedicado al cambio climático).


Y, antes de referirnos a las causas de este alarmante fenómeno, es preciso salir al paso del frecuente error que supone hablar negativamente del efecto invernadero. Gracias a que hay gases “de efecto invernadero” en la composición de la atmósfera (dióxido de carbono,

vapor de agua, óxido de nitrógeno, metano...) la energía solar absorbida por el suelo y las aguas no es total e inmediatamente irradiada al espacio al dejar de ser iluminados, sino que la atmósfera actúa como las paredes de vidrio de los invernaderos y, de este modo, la temperatura media de la Tierra se mantiene en torno a los 15 °C. Así se logra un balance energético natural que evita tremendas oscilaciones de temperatura, incompatibles con las formas de vida que conocemos.


El problema no está, pues, en el efecto invernadero, sino en la *alteración* de los equilibrios existentes, *en el incremento* de los gases que producen el efecto invernadero, debido fundamentalmente a la emisión creciente de CO₂ que tiene lugar al quemar combustibles fósiles. La responsabilidad del incremento del efecto invernadero, y el consiguiente aumento de la temperatura media del planeta, es compartida casi al 50% entre la deforestación (que reduce la absorción de CO₂) y el aumento de emisiones de CO₂ procedente de los combustibles fósiles. Y las consecuencias comienzan ya a ser perceptibles:


- disminución de los glaciares y deshielo de los casquetes polares, con la consecuente subida del nivel del mar y destrucción de ecosistemas esenciales como humedales, bosques de manglares y zonas costeras habitadas;
- alteraciones en las precipitaciones y un aumento de la frecuencia e intensidad de los fenómenos extremos (sequías, huracanes, lluvias torrenciales, avalanchas de barro...);
- acidificación de las aguas y destrucción de los arrecifes de coral, auténticas barreras protectoras de las costas y hábitat de innumerables especies marinas;
- desertización;
- alteración de los ritmos vitales de numerosas especies...


Todo ello con graves implicaciones para la agricultura, los bosques, las reservas de agua... y, en definitiva, para la salud humana. Y las predicciones del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) señalan que las temperaturas globales seguirán subiendo, el nivel del mar experimentará ascensos significativos y la frecuencia de los fenómenos climáticos extremos aumentará.


Se puede hacer referencia a las dudas acerca del posible carácter natural del actual cambio climático con ayuda de los datos que se proporciona en gráficos como el que aparece en la presentación en power point en el que se aprecia la variación de la concentración de CO₂ y de temperatura a lo largo de los últimos 400.000 años (diapositiva 31 de la presentación titulada "De la emergencia planetaria a la construcción de un futuro sostenible", disponible en  <http://www.uv.es/vilches/novedades.htm>).

¿Ello no "vendría a probar el carácter natural de los cambios climáticos"? Es preciso dejar claro que la variación actual es mucho mayor y muchísimo más rápida que la que se produce por causas naturales (debido a cambios en la órbita terrestre) y está asociada, sin ningún género de dudas, a la actividad humana. Somos nosotros, los seres humanos, los responsables y los únicos que podemos evitar que prosiga una degradación que ya es una seria realidad con consecuencias como las que estamos mencionando y las que siguen.

Esta degradación está provocando un *incremento de los llamados desastres “naturales”* (sequías, huracanes, inundaciones, avalanchas de barro...) con sus secuelas de destrucción de viviendas y zonas agrícolas, hambrunas, etc. Conviene insistir a este respecto en que se trata de desastres “antinaturales” fruto del cambio climático asociado, sobre todo, pero no exclusivamente, a la combustión de recursos fósiles: también intervienen los procesos de deforestación, los incendios, la ocupación de espacios naturales por “ladrillos” y asfalto, etc. (véase en  <http://www.oei.es/decada/accion25.htm> el tema de acción clave “Reducción de desastres”).

Un problema especialmente grave estrechamente ligado (aunque no exclusivamente) al proceso de degradación ambiental es la *situación de pobreza extrema* en la que viven miles de millones de seres humanos y que se traduce en hambre, enfermedad, falta de condiciones higiénicas, de educación... Un informe de la OMS de 2006 indica que el 25% de las enfermedades es de origen directamente medioambiental (véase el tema de acción clave dedicado a la “Reducción de la pobreza”:  <http://www.oei.es/decada/accion01.htm>).

Naturalmente, esta situación de pobreza extrema de miles de millones de seres humanos (un problema que los estudiantes suelen tener presente entre los más graves) no es atribuible exclusivamente a la degradación ambiental, pero no hay duda de que contribuye muy decisivamente. Estamos, además, haciendo desaparecer por plaguicidas, herbicidas, asfalto y cemento, etc., miles de especies a un ritmo que constituye *una masiva extinción*. En consecuencia, el equilibrio de la biosfera puede derrumbarse si seguimos arrancándole eslabones. Es urgente interrumpir esta **destrucción de la biodiversidad** que amenaza con arrastrar a la propia especie humana. Hay que insistir en que, por supuesto, no se trata sólo de una cuestión de estética o de protección de los animales. Es preciso referirse a todo lo que la especie humana debe a muchas otras especies. Desde su nutrición, el aire que respiramos, muchos medicamentos, etc. En realidad no es posible concebir la vida humana sin la diversidad biológica (véase en  <http://www.oei.es/decada/accion18.htm> el tema de acción clave dedicado a la biodiversidad).

Tanto el incremento de desastres como la pobreza o la pérdida de biodiversidad suelen ser incluidos en el listado de problemas elaborado inicialmente por los grupos de trabajo. En cambio no suele haber referencias a la pérdida de diversidad cultural, como si no tuviera que ver con el proceso de degradación. Este olvido, muy frecuente, constituye un ejemplo de los planteamientos reduccionistas que han caracterizado a la educación ambiental. Conviene, pues, discutir esta cuestión con cierto detenimiento (véase el tema de acción clave dedicado a la diversidad cultural en  <http://www.oei.es/decada/accion12.htm>).



A.8. Cuando hablamos de extinción de especies, es decir, de pérdida de biodiversidad, no debemos olvidar otra diversidad igualmente en peligro. ¿En qué otra diversidad hemos de pensar y qué importancia tiene su conservación?

C.8 Se ha insistido en la gravedad de la pérdida de diversidad cultural desde el campo de la educación y desde la reflexión sobre los problemas de los conflictos interétnicos e interculturales

que se traduce en una estéril uniformidad de culturas, paisajes y formas de vida. “Eso también es una dimensión de la biodiversidad, afirma Folch (1998), aunque en su vertiente sociológica que es el flanco más característico y singular de la especie humana”. Y concluye: “Ni monotonía ecológica, ni limpieza étnica: soberanamente diversos”. En el mismo sentido Maaluf (1999) se pregunta: “¿Por qué habríamos de preocuparnos menos por la diversidad de culturas humanas que por la diversidad de especies animales o vegetales? Ese deseo nuestro, tan legítimo, de conservar el entorno natural, ¿no deberíamos extenderlo también al entorno humano?”.

Esta pérdida de diversidad cultural está asociada, entre otros problemas, a:

- La exaltación de formas culturales (religiosas, étnicas...) contempladas como “superiores” o “verdaderas”, lo que lleva a pretender su imposición sobre otras, generando conflictos sociales, políticos, movimientos de limpieza étnica...
- La oposición al pluralismo lingüístico de poblaciones autóctonas o grupos migrantes, generando fracaso escolar y enfrentamientos sociales.
- La imposición por la industria cultural, a través del control de los medios de comunicación, de patrones excluyentes y empobrecedores.
- La imposición por los sistemas educativos, a todos los niños y niñas, de los mismos moldes culturales, excluyendo, en particular, el pluralismo lingüístico.
- La ignorancia, en síntesis, de la riqueza que supone la diversidad de las expresiones culturales, que debería llevar a la defensa de la diversidad y del mestizaje cultural. Pero sin caer en un “todo vale” que acepte “expresiones culturales” que no respetan los derechos humanos como, por ejemplo, la mutilación sexual de las mujeres.

El resultado último de este proceso de degradación es una **desertización** que crece año a año, aceleradamente, sobre la superficie de la Tierra (véase el tema de acción clave dedicado a la desertización en [@ http://www.oei.es/decada/accion24.htm](http://www.oei.es/decada/accion24.htm)). Los informes sobre “Los recursos del planeta” alertan de un deterioro generalizado de los ecosistemas que califican de devastador, abocado a la desertización y a la propia desaparición de la especie humana.

Como nos muestra este conjunto de problemas estrechamente vinculados, nos encontramos en una situación realmente preocupante y se hace necesario estudiar las causas para poder actuar.



Todos estos problemas, que caracterizan una situación insostenible, han merecido la atención de numerosos expertos e instituciones mundiales que coinciden en señalar que el futuro está seriamente amenazado y en que es necesario profundizar en las causas para poder actuar.

| Causas de esta situación de auténtica emergencia planetaria... Y nuevos problemas

Se trata en este punto de iniciar una reflexión en torno a aquello que pueda estar en el origen de la creciente degradación en nuestro planeta, continuando con un planteamiento holístico, globalizador, que no olvide las estrechas relaciones entre ambiente físico y factores sociales, culturales, políticos, económicos, etc. Es decir, se trata de analizar cuáles pueden ser las causas de esta situación caracterizada por el conjunto de problemas, estrechamente interconectados, que hemos discutido, reforzando después nuestro análisis, tal como venimos haciendo, con las contribuciones de la comunidad científica.



A.9. ¿Cuáles pueden ser las causas del conjunto de problemas que caracterizan la situación del mundo? ¿Qué otros problemas subyacen en vuestra opinión?

- C.9** Conviene insistir una vez más en que resulta muy difícil distinguir entre causas y efectos porque los problemas están estrechamente relacionados y se potencian mutuamente. Lo importante no es distinguir si se trata de una causa o de un efecto, sino de tenerlos todos presentes. De hecho los equipos, a menudo, han hecho ya referencia a algunas de estas causas al enumerar los problemas y es conveniente señalarlas y darles ahora ocasión de añadir alguna más.

Ésta es una problemática que demanda, insistimos una vez más, un planteamiento holístico, globalizador, que afecta —como se ha señalado en la Agenda 21 (*Naciones Unidas, 1992*)— a todos los campos del conocimiento y actividad humana. Es preciso para ello superar el reduccionismo que ha limitado la atención de la educación ambiental exclusivamente a los sistemas naturales, ignorando las estrechas relaciones existentes hoy entre ambiente físico y factores sociales, culturales, políticos y económicos.

Partiendo de este planteamiento holístico y teniendo en cuenta los análisis de instituciones y expertos a los que ya nos venimos refiriendo (*Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo, 1988; Worldwatch Institute, 1984-2007*), una primera razón que ha de darse a la situación de emergencia planetaria es el *crecimiento económico insostenible*, guiado por intereses particulares a corto plazo que actúa como si el planeta tuviera recursos ilimitados. Un crecimiento particularmente acelerado desde la segunda mitad del siglo XX, hasta el punto de que, por ejemplo, entre 1990 y 1997, fue similar al producido desde el comienzo de la civilización hasta 1950. Se trata, pues, de un crecimiento explosivo que algunos defienden como algo deseable, por haber hecho posibles indudables avances sociales para una cuarta parte de la humanidad, pero que tiene repercusiones cada vez más negativas para el medio ambiente y consiguientemente para el futuro de todos. Se puede hacer notar que los Gobiernos, sindicatos, etc., de todo el mundo siguen apostando por un crecimiento indefinido que exige,

entre otras cosas, un consumo creciente de recursos energéticos y conlleva incrementos insostenibles de todo tipo de contaminación. Como señala Brown (1998), “del mismo modo que un cáncer que crece sin cesar destruye finalmente los sistemas que sustentan su vida al destruir a su huésped, una economía global en continua expansión destruye lentamente a su huésped: el ecosistema Tierra” (aunque al hablar del “cáncer” del crecimiento conviene comentar que, como todo cáncer, tiene solución, si se coge a tiempo, para evitar sentimientos de desesperanza que generan pasividad). Nos remitimos al tema de acción clave sobre “crecimiento económico y sostenibilidad” (@ <http://www.oei.es/decada/accion002.htm>).

Los estudiantes suelen hacer referencia indirecta a esta problemática hablando de “intereses económicos”, “el capitalismo”, “la economía”, etc. Conviene conectar con esas expresiones para debatir la cuestión del crecimiento económico continuo en un mundo finito.

En muchos casos se responsabiliza a la ciencia y la tecnología de las graves consecuencias de este crecimiento económico, de los peligros para la salud o el medio ambiente que sufre la humanidad. Es necesario detenerse a tratar detenidamente este hecho, ya que constituye una simplificación en la que resulta fácil caer, puesto que la ciencia y la tecnología lo impregnan todo. Si enumerásemos las contribuciones de la tecnociencia al bienestar humano la lista sería al menos igualmente larga que la de sus efectos negativos. No podemos olvidar, por ejemplo, que son científicos quienes estudian los problemas a los que se enfrenta la humanidad, advierten de los riesgos y ponen a punto soluciones. Por supuesto, no sólo científicos, ni todos los científicos. Tampoco ignoramos que son también científicos y tecnólogos —pero *junto a* economistas, empresarios y trabajadores— quienes han producido, por ejemplo, los compuestos que están destruyendo la capa de ozono—. Las críticas y las llamadas a la responsabilidad han de extenderse a todos, incluidos los “simples” consumidores de los productos nocivos. Los problemas nos incumben a todos los ciudadanos y ciudadanas.

Para comprender qué medidas son necesarias para salir al paso de los graves problemas a los que nos enfrentamos, debemos profundizar en las razones que motivan dicho crecimiento insostenible y comprender su vinculación, como causas y, a su vez, consecuencias del mismo. Ello nos lleva a considerar otro conjunto de problemas:

- Las pautas de consumo de las llamadas sociedades “desarrolladas”.
- La explosión demográfica.
- Los desequilibrios existentes entre distintos grupos humanos, con la imposición de intereses y valores particulares y los conflictos asociados a los mismos.

El papel que juegan estos aspectos y, muy en particular, la explosión demográfica, en el actual proceso de degradación del ecosistema Tierra tropieza con fuertes prejuicios. Ello hace necesario tratar estas cuestiones con cierto detenimiento, comenzando con el hiperconsumo, vinculado directamente con el crecimiento indefinido al que nos acabamos de referir.

Abordaremos, a continuación, algunos de los problemas que se asocian al crecimiento insostenible y, en definitiva, al proceso de degradación que acabamos de describir.



A.10. Indicad algunas características de las pautas de consumo en las sociedades desarrolladas, que puedan estar contribuyendo al proceso de degradación.

C.10

Hay que referirse al **hiperconsumo**, sobre el que tenemos la mayor responsabilidad las sociedades “desarrolladas”, así como los grupos poderosos de cualquier sociedad, que sigue creciendo como si las capacidades de la Tierra fueran infinitas. Baste señalar que los 20 países más ricos del mundo han consumido en el último siglo más naturaleza, es decir, más materia prima y recurso energéticos, que toda la humanidad a lo largo de su historia y prehistoria. Como afirma la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988), “estamos tomando prestado capital del medio ambiente de las futuras generaciones sin intención ni perspectiva de reembolso”.



Es posible proporcionar muchos indicadores de ese hiperconsumo rechazable: por ejemplo, el elevado porcentaje de objetos que sólo son utilizados una vez, el uso de vehículos para desplazarse escasos centenares de metros, la acumulación de objetos innecesarios, la renovación sistemática de aparatos electrónicos todavía útiles, de indumentaria en buen estado, etc. (véase el tema de acción clave “Consumo responsable” en <http://www.oei.es/decada/accion08.htm>)

Pero no se trata, claro está, de demonizar todo consumo sin matizaciones. Es necesario disminuir el consumo innecesario, evitar el consumo de productos que tienen un gran impacto ambiental, pero, como señala la premio Nobel de literatura sudafricana, Nadine Gordimer, que ha actuado de embajadora de buena voluntad del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD): “El consumo es necesario para el desarrollo humano cuando amplía la capacidad de la gente y mejora su vida, *sin menoscabo de la vida de los demás*”. Y añade: “Mientras para nosotros, los consumidores descontrolados, es necesario consumir menos, para más de 1.000 millones de las personas más pobres del mundo aumentar su consumo es cuestión de vida o muerte y un derecho básico”.

La discusión ha de dejar claro que el hiperconsumo viene caracterizado, entre otros aspectos, por:

- Estar estimulado por una publicidad agresiva, creadora de necesidades.
- Impulsar el “usar y desechar”, ignorando las posibilidades de “reducir, reutilizar y reciclar”...
- Estimular las modas efímeras y reducir la durabilidad de los productos al servicio del puro consumo.


- Promocionar productos, pese a conocer su elevado consumo energético y su alto impacto ecológico.
- Guiarse, en suma, como ya hemos señalado, por la búsqueda de beneficios a corto plazo, sin atender a las consecuencias a medio y largo plazo...

Este hiperconsumo afecta tan sólo a una quinta parte de la humanidad, pero ello no significa que el consumo mucho más moderado —y, a menudo, insuficiente para unas condiciones de vida aceptables— del resto de los seres humanos no repercuta sobre el medio ambiente. Ello nos remite a la consideración de un segundo factor: el crecimiento demográfico.



A.11. ¿En qué medida el actual crecimiento demográfico puede considerarse un problema? Tras exponer vuestras conjeturas, recopilad información al respecto y proceded a su discusión.

C.11

Conviene detenerse aquí señalando el frecuente olvido del crecimiento demográfico como una causa de los problemas del planeta, ya que para algunos el problema es el contrario: el envejecimiento de la población (véase en  <http://www.oei.es/decada/accion001.htm> el tema de acción clave “Crecimiento demográfico”).

Pero, como hemos visto, hablar de miles de millones de personas con necesidad de consumir nos remite a **la explosión demográfica** en un planeta de recursos limitados, como segunda causa del crecimiento económico insostenible. Obviamente, si en la Tierra viviéramos sólo unos pocos millones de personas, los problemas a los que nos estamos refiriendo no serían tan agobiantes como lo son en la actualidad. De hecho, el crecimiento demográfico representa hoy un grave problema, sobre el que se viene alertando desde hace décadas en las sucesivas Conferencias Mundiales de Población y en informes de los expertos. Sin embargo, como ya hemos señalado, buena parte de la ciudadanía no parece tener conciencia de este problema y se detectan, incluso, resistencias a tomarlo en consideración. De ahí que sea necesario proporcionar algunos datos acerca del mismo que permitan comprender su papel en el actual crecimiento insostenible.

- Desde mediados del siglo XX han nacido más seres humanos que en toda la historia de la humanidad y pronto habrá tanta gente viva como muertos a lo largo de toda la historia: la mitad de todos los seres humanos que habrán llegado a existir estarán vivos (se puede subrayar el absurdo de pensar que la población pueda seguir creciendo indefinidamente como ahora señalando que eso supondría que dentro de 100 años en cada m² de superficie terrestre debería haber... ¡10 personas! Y en 1.000 su masa equivaldría... ¡a la de toda la Tierra!).
- Aunque se ha producido un descenso en la tasa de crecimiento de la población, ésta sigue aumentando en unos 80 millones cada año, por lo que se duplicará de nuevo en pocas décadas.

- Como han explicado los expertos en sostenibilidad, en el marco del llamado Foro de Río, *la actual* población precisaría de los recursos de *tres Tierras* para alcanzar un nivel de vida semejante al de los países desarrollados (esa estimación se hizo en 1997... y la población ha seguido creciendo desde menos de 6.000 millones a más de 6.500 ya).

Datos como los anteriores han llevado a Ehrlich y Ehrlich (1994) a afirmar rotundamente: “No cabe duda que la explosión demográfica terminará muy pronto. Lo que no sabemos es si el fin se producirá de forma benévola, por medio de un descenso de las tasas de natalidad, o trágicamente, a través de un aumento de las tasas de mortalidad”. Y añaden: “El problema demográfico es el problema más grave al que se enfrenta la humanidad, dada la enorme diferencia de tiempo que transcurre entre el inicio de un programa adecuado y el comienzo del descenso de la población (...) La superpoblación constituye un destacado factor en problemas como el hambre en África, el calentamiento del globo, la lluvia ácida, la amenaza de guerra nuclear, la crisis de los residuos y el riesgo de epidemias”. Pero no se trata, señalan, de un problema exclusivo de los países en desarrollo: desde el punto de vista de la habitabilidad de la Tierra, la superpoblación en los países ricos es una amenaza más seria que el rápido crecimiento demográfico de los países pobres, puesto que es el mundo rico, ya superpoblado, el que tiene un consumo per cápita superior y que por tanto más contribuye al agotamiento de los recursos, a la lluvia ácida, al calentamiento del planeta, etcétera.

Estos planteamientos contrastan, sin embargo, con la creciente preocupación que se da en algunos países por la baja tasa de natalidad *local* en regiones como Europa. Así, un reciente informe de la ONU sobre la evolución de la población activa señalaba que se precisa un mínimo de 4 a 5 trabajadores por pensionista para que los sistemas de protección social puedan mantenerse. Por ello se teme que, dada la baja tasa de natalidad europea, esta proporción descienda muy rápidamente, haciendo imposible el sistema de pensiones.

Se trata de un aspecto en el que conviene detenerse, que permite comprender la complejidad de los problemas. De hecho, muchas personas que entienden la gravedad de la situación del mundo por los problemas de contaminación o el agotamiento de recursos, pierden esta visión global cuando se trata de los problemas de población, a lo que contribuye sin duda la forma en que se transmiten las noticias al respecto, que hacen que lo percibamos como algo mucho más próximo que las consecuencias de la superpoblación.

Hay que decir que un problema como éste, aunque parezca relativamente puntual, permite discutir, desde un nuevo ángulo, las consecuencias de un crecimiento indefinido de la población, visto como algo positivo a corto plazo. Pensar en el mantenimiento de una proporción de 4 o 5 trabajadores por pensionista es un ejemplo de planteamiento centrado en el “aquí y ahora”, en la búsqueda de beneficio para nosotros, hoy, que se niega a considerar las consecuencias a medio plazo, pues cabe esperar que la mayoría de esos “4 o 5 trabajadores” deseen también llegar a ser pensionistas, lo que exigiría volver a multiplicar el número de trabajadores, etc. Ello no es sostenible ni siquiera recurriendo a la inmigración, pues también esos inmigrantes habrán de tener derecho a ser pensionistas. Tales planteamientos son un auténtico ejemplo de las famosas estafas “en pirámide” condenadas a producir

una bancarrota global y una muestra de cómo los enfoques parciales, manejando datos puntuales, conducen a conclusiones erróneas.

El hiperconsumo insolidario y la explosión demográfica impiden satisfacer las necesidades de la mayoría de la población mundial, lo que se traduce en desequilibrios insostenibles.

Podemos, pues, afirmar que el hiperconsumo y la explosión demográfica dibujan *un marco de fuertes desequilibrios*, con miles de millones de seres humanos que apenas pueden sobrevivir en los países “en desarrollo” y la marginación de amplios sectores del denominado “Primer Mundo”, mientras una quinta parte de la humanidad ofrece su modelo de sobre consumo.



A.12. Buscad ejemplos de graves desequilibrios entre grupos humanos y preparar dossieres y pósters ilustrativos. ¿Cuáles pueden ser las consecuencias de los mismos? ¿En qué medida pueden mantenerse indefinidamente?

C.12

Se pueden dar muchos indicadores de esos desequilibrios que no hacen más que crecer: por ejemplo las diferencias en la esperanza de vida o el hecho de que un europeo consumirá lo que 50 africanos a lo largo de su vida (véase el tema de acción clave dedicado a la “reducción de la pobreza” en [@ http://www.oei.es/decada/accion01.htm](http://www.oei.es/decada/accion01.htm) y también el que aborda los desequilibrios de género en “igualdad de sexos” en [@ http://www.oei.es/decada/accion02.htm](http://www.oei.es/decada/accion02.htm)).

Estamos frente a una pobreza que coexiste con una riqueza en aumento, de forma que, según diversos estudios, el 80% del planeta no disfruta de ninguna protección social, más de 250 millones de niños y niñas sufren explotación laboral, y siguen sin poder acceder a la educación básica; la mayor parte de países africanos, por ejemplo, no llega a los cincuenta años de esperanza de vida y, en los últimos veinte años,

se han duplicado las diferencias entre los veinte países más ricos y los veinte más pobres del planeta. Y la situación se agrava en el caso de las mujeres: con menos oportunidades educativas y económicas que los hombres, presentan excesiva mortalidad —y tasas de supervivencia más bajas en muchas partes del mundo—, representan los dos tercios de las personas analfabetas y los tres quintos de los pobres del planeta, hasta el punto de que se habla de la feminización de la pobreza.



Estos estudios están llamando la atención sobre las graves consecuencias que están teniendo, y tendrán cada vez más, las desigualdades que se dan entre distintos grupos

humanos. Baste recordar las palabras del ex director de la UNESCO (*Mayor Zaragoza, 1997*): “El 18% de la humanidad posee el 80% de la riqueza y eso no puede ser. Esta situación desembocará en grandes conflagraciones, en emigraciones masivas y en ocupación de espacios por la fuerza”. En el mismo sentido, afirma Folch (1998), “La miseria —injusta y conflictiva— lleva inexorablemente a explotaciones cada vez más insensatas, en un desesperado intento de pagar intereses, de amortizar capitales y de obtener algún mínimo beneficio. Esa pobreza exasperante no puede generar más que insatisfacción y animosidad, odio y ánimo vengativo”.

Hemos de comprender, pues, por nuestro propio interés, que esas desigualdades son insostenibles, al adquirir un carácter global y afectar a nuestra supervivencia, y que la prosperidad de un reducido número de países no puede durar si se enfrenta a la extrema pobreza de la mayoría.

Los actuales desequilibrios existentes entre distintos grupos humanos, con la imposición de intereses y valores particulares, aparecen asociados a todo tipo de conflictos que conviene analizar.



A.13. Señalad distintos tipos de conflictos y violencias asociados a los desequilibrios analizados. Realizad un seguimiento de su presencia en la prensa en un periodo determinado, fijado por el profesor, y comentad los resultados.

C.13 Nos remitimos al tema de acción clave dedicado a “conflictos y violencias” (@ <http://www.oei.es/decada/accion26.htm>) que aborda con algún detalle las distintas formas de conflictos y violencias.

Como en el caso del crecimiento demográfico, la atención a estos desequilibrios ha sido muy insuficiente en la educación ambiental y existe incluso un rechazo a considerar esta dimensión, vista peyorativamente como algo “político”. Sin embargo, numerosos análisis están llamando la atención sobre las graves consecuencias que están teniendo, y tendrán cada vez más, los actuales desequilibrios. De hecho, estos fuertes desequilibrios existentes entre distintos grupos humanos son, a menudo, el resultado de la imposición violenta de intereses y valores particulares y se traducen, a su vez, en todo tipo de *conflictos y violencias*, que muy a menudo incrementan esas desigualdades, provocando más miseria, más dolor y más deterioro del medio.

Es preciso insistir en que el mantenimiento de una situación de extrema pobreza en la que viven millones de seres humanos es ya en sí mismo un acto de violencia y hacer referencia a la similitud entre pobreza extrema y esclavitud. Por ello se empieza a propugnar la *prohibición* de la pobreza extrema, es decir, la obligación de quienes vivimos convenientemente de contribuir a erradicarla.

Conviene recordar, aunque sea someramente, otras formas de violencia asociadas:

- Las violencias de clase, *interétnicas e interculturales* que se traducen en auténticas fracturas sociales.

- *Las guerras, conflictos bélicos*, con sus implicaciones económicas y sus secuelas, para personas y el medio ambiente, de carreras armamentistas y destrucción, tráfico y mercado negro de armas...
- *El terrorismo*, en todas sus manifestaciones, con la imposición de “lo nuestro” contra “lo de los otros”.
- *Las actividades de las mafias* (tráfico de drogas, de seres humanos relacionado con el comercio sexual, juego, mercado negro de divisas, blanqueo de dinero, con su presencia creciente en todo el planeta, contribuyendo decisivamente a la violencia ciudadana) y de *empresas transnacionales* que imponen sus intereses particulares escapando a todo control democrático, pudiendo hundir la economía de un país mediante operaciones financieras, o “deslocalizar” las empresas hacia “paraísos” sin medidas que obliguen a la protección del medio o con menores derechos de los trabajadores, contribuyendo al deterioro social y a la destrucción del medio ambiente.
- *Las migraciones masivas* por motivos políticos, bélicos, económicos (es decir, por hambre, miseria, marginación...), ambientales (sequías, desastres ecológicos...), con los dramas que todas estas migraciones suponen y los rechazos que producen: actitudes racistas y xenóforas, legislaciones cada vez más restrictivas, etcétera.
- El riesgo de *retrocesos democráticos*, con un desafecho creciente de los ciudadanos por los asuntos públicos y las *dictaduras*, con violaciones sistemáticas de derechos humanos.

Las causas señaladas responden a la *búsqueda de beneficios particulares*, a una defensa miope de “lo nuestro” (nuestra familia, nuestro clan, nuestro país, nuestra especie...) sin pensar en los otros ni en las generaciones futuras. Una actitud criticable por razones éticas y por constituir la expresión de un egoísmo poco inteligente, que no toma en consideración las consecuencias, *para nosotros mismos*, de las acciones guiadas por intereses particulares inmediatos...

Es cierto que estos comportamientos, como la mayoría de los que hoy rechazamos, son la prolongación de lo que la humanidad ha venido haciendo durante milenios. Pero hoy, además de moralmente rechazables, ponen en peligro nuestra supervivencia como especie. El instinto de supervivencia quizás pueda explicar el “nosotros o ellos” del pasado, pero hoy exige un cambio drástico: no es posible salvarse contra los otros sino con los otros. Podríamos recordar a ese respecto las palabras del teólogo brasileño Leonardo Boff: “Esta vez no habrá un arca de Noé para unos pocos, esta vez o nos salvamos todos o nos hundimos todos...”.

Se ha completado así la *visión global de la situación de emergencia planetaria* y corresponde ahora estudiar qué medidas adoptar para hacerle frente.

En este apartado hemos tratado de aproximarnos a las causas que están en la raíz de los problemas que afectan a la humanidad y que constituyen, a su vez, problemas estrechamente relacionados. Pero no basta, como ya hemos señalado, con diagnosticar los problemas: es preciso impulsar a explorar futuros alternativos y a participar en acciones que favorezcan dichas alternativas. Nos referiremos a ello en el siguiente apartado.

| ¿Qué hacer para avanzar hacia una sociedad sostenible?

Evitar lo que algunos expertos han denominado “la sexta extinción” *ya en marcha* exige poner fin a todo lo que hemos criticado hasta aquí: poner fin a un desarrollo guiado por el beneficio a corto plazo; poner fin a la explosión demográfica; poner fin al hiperconsumo de las sociedades desarrolladas y a los fuertes desequilibrios existentes entre distintos grupos humanos.



A.14. ¿Qué podemos hacer cada uno de nosotros, junto a otros? Más concretamente, ¿qué medidas es necesario adoptar para poner fin a los problemas considerados y lograr un desarrollo sostenible? Proceded a una primera enumeración de las mismas que permita pasar a su discusión posterior, incorporando las contribuciones de la comunidad científica.

C.14 Conviene plantear esta actividad a los equipos de la misma forma que les propusimos la de enumerar los problemas: también ahora se ha de dejar tiempo para una elaboración detenida, recoger los productos en la pizarra, etc. Y conviene recordar que uno de los obstáculos para prestar atención a los problemas, según los expertos, es la mayor incidencia que suele hacerse a la enumeración de los problemas y no en la búsqueda de soluciones (*Hicks y Holden, 1995*). Por ello hay que detenerse en las soluciones y explorar futuros alternativos.

Conviene hacer referencia, muy en particular, a que el nuevo informe de Naciones Unidas sobre cambio climático (*IV Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre CC, IPCC, Bangkok 4 de mayo de 2007*) está dedicado a las medidas de mitigación del problema, afirmando que “ya hay medios para hacer frente al cambio climático”. Y que, incluso, los autores de estudios que advierten de los más graves peligros, como “La sexta extinción” (*Lewin, 1997*) o “Colapso” (*Diamond, 2006*) son *optimistas cautos*.

Las aportaciones más frecuentes de los estudiantes se pueden agrupar en medidas tecnocientíficas (por ejemplo, conseguir energías limpias), educativas (modificar comportamientos como reducir el consumo, reciclar, ir en bici, etc.) y políticas (como exigir medidas de protección del medio), aunque estas últimas no siempre aparecen porque hay un clima bastante extendido de rechazo de “la política”, que por supuesto habrá que combatir, al que nos referiremos más adelante.

Antes de proceder a discutir las medidas propuestas, resulta esencial dejar claro que el planteamiento holístico con que se abordaron los problemas, dada su estrecha vinculación, debe estar presente también al pensar en las posibles soluciones: ninguna acción aislada puede ser efectiva, precisamos un entramado de medidas que se apoyen mutuamente. Como señala la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo (1988), “el reto fundamental

proviene de su carácter sistémico". Ninguna solución por sí sola bastaría para resolver los problemas, se requiere, pues, interconectar toda una serie de medidas, apoyadas en una amplia literatura, que, según los expertos, pueden englobarse, básicamente, en:

- Medidas científico-tecnológicas.
- Medidas educativas para la transformación de actitudes y comportamientos.
- Medidas políticas (legislativas, judiciales, etc.) en los distintos niveles (local, regional...) y, en particular, medidas de integración o globalización planetaria.

Discutiremos aquí mínimamente cada uno de estos tipos de medidas, todas igualmente imprescindibles y deben plantearse unificadamente, remitiéndonos a un texto más amplio (Vilches y Gil-Pérez, 2003) y a los temas de acción clave para su tratamiento más detenido.

Es preciso hacer énfasis en que todas las medidas que habéis contemplado y que proponen los expertos son necesarias y deben abordarse conjuntamente. Dicho con otras palabras, no es posible pensar en soluciones puntuales a problemas aislados: es preciso un planteamiento global.



Otro mundo es posible.


Este planteamiento global es el que ha dado lugar a los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible que conviene introducir someramente antes de abordar con mayor profundidad el análisis de los diferentes tipos de medidas.

1. LA SOSTENIBILIDAD COMO CONCEPTO BÁSICO UNIFICADOR DE LAS MEDIDAS QUE SE REQUIERE ADOPTAR

La mayoría de trabajos de los expertos que abordan la problemática mundial coinciden en señalar como objetivo básico el sentar las bases de un desarrollo sostenible. Conviene, pues, precisar, a este respecto, lo que puede considerarse como desarrollo sostenible, ya que se trata de uno de los conceptos centrales de la actual reflexión sobre la situación del mundo.



A.15. Exponed lo que, en vuestra opinión, podemos considerar un desarrollo sostenible. Cotejad vuestras ideas con la definición de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo de Naciones Unidas, que proporcionará el profesor.

C.15 Las respuestas de los equipos suelen expresar ambigüedades y confusiones que será necesario discutir y clarificar, pero apuntan a la necesidad de la preservación de los recursos del planeta para generaciones futuras. Ésta es precisamente la idea que subyace detrás de la definición dada por la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (1988): “El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades” (véase el tema de acción clave “sostenibilidad” en  <http://www.oei.es/decada/accion000.htm>).

Esta definición de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo ha concitado un amplio consenso, aunque dicho consenso sea, en ocasiones, puramente verbal y algunos lleguen a confundir desarrollo sostenible con crecimiento sostenido. Se ha comenzado así a analizar críticamente el manejo del concepto de desarrollo sostenible y a utilizar otras expresiones como “construcción de una sociedad sostenible”. Al margen de estas matizaciones y de los debates que ha originado, y sigue originando, su significado, la sostenibilidad continúa siendo “la idea central unificadora más necesaria en este momento de la historia de la humanidad” (*Bybee, 1991*).

Y aunque pueda parecer la expresión de una idea de sentido común, se trata de un concepto realmente nuevo, cuya necesidad todavía no se ha comprendido plenamente. Las dificultades radican precisamente en algo a lo que ya nos hemos referido con anterioridad: es difícil aceptar que el mundo no es tan ilimitado como creíamos hasta hace poco. La idea de la insostenibilidad del crecimiento indefinido es reciente y ha constituido una sorpresa para la mayoría; los signos de degradación eran imperceptibles hasta hace poco y se pensaba que la naturaleza podía ser supeditada a los deseos y a las necesidades de los seres humanos. Después han llegado las señales de alarma pero todavía no han sido asumidas por la mayoría de la población. Se requiere por tanto un cambio, una auténtica revolución que rompa con una larga tradición de indiferencia, que nos haga comprender que nuestras acciones tienen consecuencias, más allá de la satisfacción de nuestras necesidades, que no podemos ignorar (*Vilches y Gil-Pérez, 2003*).

Y conviene detenerse muy particularmente en la *distinción entre crecimiento y desarrollo* (cambio cualitativo que no comporta necesariamente incremento en la escala física). El concepto de desarrollo sostenible parte de la suposición de que puede haber desarrollo, mejora cualitativa o despliegue de potencialidades, *sin crecimiento*, es decir, sin incremento cuantitativo de la escala física, sin incorporación de mayor cantidad de energía ni de materiales. Con otras palabras: es el crecimiento lo que no puede continuar indefinidamente en un mundo finito, pero sí es posible el desarrollo. Posible y necesario, porque las actuales formas de vida no pueden continuar, deben experimentar cambios cualitativos profundos, tanto para aquellos (la mayoría) que viven en la precariedad como para el 20% que vive más o menos confortablemente. Y esos cambios cualitativos suponen un desarrollo (no un crecimiento o un “desarrollismo”) que será preciso diseñar y orientar adecuadamente.

En particular, es necesario llamar la atención sobre el significado de la expresión “es el desarrollo que satisface las necesidades de la *generación presente*”, que abarca a *toda* la población (superando los planteamientos particulares que enfrentan destructivamente a unos contra otros) y el de “sin comprometer la capacidad *de las generaciones futuras* para satisfacer sus propias necesidades” (lo que supone posicionarse contra los intereses a corto plazo). Es decir, se trata de integrar la solidaridad intrageneracional en el concepto de sostenibilidad de forma complementaria a la solidaridad intergeneracional. Esto es lo que se reclamó explícitamente en la Cumbre de Río, para formar una alianza mundial a favor del medio ambiente y del desarrollo sostenible para *todos los pueblos de la Tierra*.

Es preciso insistir en estas características absolutamente novedosas, porque en caso contrario se producen incorrectas interpretaciones de los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible que obstaculizan la adecuada adopción de las medidas necesarias para hacer frente a la situación de emergencia planetaria. Nos referiremos seguidamente a dichas medidas, que conviene desarrollar con el máximo detenimiento que permita el tiempo disponible. Empezamos con las tecnocientíficas.

Una de las medidas a las que, lógicamente, se hace referencia para el logro de un desarrollo sostenible es la introducción de nuevas investigaciones y tecnologías más adecuadas.

2. MEDIDAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS



A.16. ¿Qué investigaciones e innovaciones tecnológicas se deberían promover? ¿Cuáles habrían de ser sus características? Valorad el papel de la tecnociencia frente a los problemas que afectan a la humanidad.

C.16 Se puede comenzar resaltando lo que los estudiantes hayan ya aportado y escrito en la pizarra al sugerir posibles medidas (de todo tipo) que se requiere adoptar. Ahora se les puede pedir si se les ocurren otras y seguidamente sintetizarlas y ampliarlas teniendo en cuenta las aportaciones de los expertos y la abundante literatura al respecto.

En “Nuestro futuro común” (*CMMAD, 1988*) se hace énfasis en la necesidad de reorientar la tecnología y controlar los riesgos, pero dentro de unas estrategias más amplias, para que los países puedan seguir el camino de la sostenibilidad, relativas también a medidas políticas y educativas. ¿Qué reorientación de la tecnociencia se precisa? En esa dirección, numerosos autores señalan la necesidad de dirigir los esfuerzos de la investigación e innovación hacia el logro de *tecnologías favorecedoras de un desarrollo sostenible* incluyendo, entre otras:

- La búsqueda de nuevas fuentes de energía, limpias y renovables.
- El incremento de la eficiencia energética (que haga posible el necesario ahorro de energía).

- La reducción de la contaminación ambiental (con disminución y tratamiento de residuos).
- La gestión sostenible del agua y otros recursos esenciales.
- El desarrollo de tecnologías agrarias sostenibles.
- La prevención y tratamiento de enfermedades (y, muy en particular, las que azotan al Tercer Mundo).
- La reducción de desastres, evitando las “catástrofes anunciadas”.
- El logro de una paternidad y maternidad responsables, evitando los embarazos indeseados.
- La regeneración de entornos.

Pero es preciso analizar con cuidado esas medidas tecnológicas para que las aparentes soluciones no generen problemas más graves, como ha sucedido ya tantas veces. Pensemos, por ejemplo, en la revolución agrícola que tras la Segunda Guerra Mundial incrementó notablemente la producción gracias a los fertilizantes y pesticidas químicos como el DDT, satisfaciendo así las necesidades de alimentos de una población mundial que experimentaba un

rápido crecimiento. Pero sus efectos perniciosos (cáncer, malformaciones congénitas...) fueron denunciados (*Carson, 1980*) y el DDT y otros “Contaminantes Orgánicos Persistentes” (COP) han tenido que ser finalmente prohibidos como venenos muy peligrosos, aunque, desgraciadamente, todavía no en todos los países.



Conviene reflexionar acerca de las características que deben poseer esas medidas tecnológicas. Según Daly (1997), es preciso que cumplan lo que denomina “principios obvios para el desarrollo sostenible”:

- Las tasas de explotación de los recursos naturales renovables no deben superar a las de regeneración (o, para el caso de recursos no renovables, de creación de sustitutos renovables).
- Las tasas de emisión de residuos deben ser inferiores a las capacidades de asimilación de los ecosistemas a los que se emiten esos residuos.
- “En lo que se refiere a la tecnología, la norma asociada al desarrollo sostenible consistiría en dar prioridad a tecnologías que aumenten la productividad de los recursos (...) más que incrementar la cantidad extraída de recursos (...) Esto significa, por ejemplo, bombillas más eficientes de preferencia a más centrales eléctricas.”

Y es necesario añadir otros criterios igualmente esenciales como son:

- Dar prioridad a tecnologías orientadas a la satisfacción de necesidades básicas y *que contribuyan a la reducción de las desigualdades*, como las enumeradas anteriormente.
- Realizar un estudio detenido de las repercusiones que puede tener un proyecto tecnológico, para evitar la aplicación apresurada de una tecnología, cuando aún no se ha investigado

suficientemente sus posibles repercusiones. Ello constituye la base del *principio de precaución*.

Cabe señalar que este principio de precaución tropieza, a menudo, con intereses particulares a corto plazo. Ello viene a cuestionar la idea simplista de que las soluciones a los problemas con que se enfrenta hoy la humanidad dependen, sobre todo, de tecnologías más avanzadas, olvidando que las opciones, los dilemas, a menudo son fundamentalmente éticos. Se comprende así la necesidad de otras medidas, políticas y educativas, a las que nos referiremos a continuación, remitiéndonos de nuevo a los temas de acción clave (“Tecnologías para la sostenibilidad” @ <http://www.oei.es/decada/accion003.htm>) para profundizar mínimamente en esta dimensión tecnocientífica, susceptibles de contribuir a resolver los problemas a los que se enfrenta hoy la humanidad y de favorecer un desarrollo sostenible.

Puede ser conveniente, en función del tiempo disponible, detallar algunos ejemplos concretos de innovaciones tecnocientíficas, así como abordar aspectos debatibles, de actualidad, como se propone a continuación, a modo de ejemplo.

Antes de continuar profundizando en el análisis de otros tipos de medidas, conviene detenerse en señalar que, por lo que respecta a las medidas científico-tecnológicas, no todo es consenso.



A.17. ¿Qué cuestiones debatibles de actualidad conocéis en torno a algunas medidas científico-tecnológicas?

- C.17** Son muchas las cuestiones de las que los estudiantes han oído hablar y pueden señalar, como las relativas a las centrales nucleares, a las energías renovables como alternativa, el uso del hidrógeno, de los biocombustibles, acerca de los productos transgénicos, del control de natalidad, etc. Proponemos a continuación, a modo de ejemplo, el debate en torno a las centrales nucleares. Del mismo modo se podrían abordar otras cuestiones debatibles como las indicadas.



A.18. Valorad, a título de ejemplo, la siguiente proposición que concierne al debate nuclear: ¿es la energía nuclear una “solución verde” dado que no contribuye al efecto invernadero? Apoyad vuestra valoración en información pertinente acerca de las centrales nucleares.

- C.18** Se trata de una opinión de algunos autores y en particular del científico James Lovelock, el conocido ecologista, autor de la “hipótesis de Gaia”, que ha tenido una notable repercusión en los medios de comunicación. Tras dejar que los equipos debatan la cuestión se les puede proporcionar alguna información contrastada como la que sigue.

Lovelock muestra un serio desconocimiento del problema energético al proponer la energía nuclear como solución. En primer lugar porque, como ya se habrá analizado en el apartado de la contaminación, son gravísimos los problemas que el uso de este recurso energético genera para el medio ambiente (aunque entre ellos no se encuentre el incremento de los gases de efecto invernadero): toneladas de residuos de media y alta actividad, con vidas medias de centenares de años y, en algunos casos, milenios; los peligros asociados al transporte y manipulación de los materiales radiactivos; la posibilidad de accidentes de tremendas consecuencias, como el ocurrido en Chernobil, o de atentados, cuya prevención (hipotética) requiere costosas medias de seguridad, etcétera.

Por otro lado, es preciso no olvidar que la contribución de la energía nuclear en el ámbito mundial es tan sólo de un 6%. Incluso en países como Francia o Japón, que en su momento optaron por la creación de numerosas centrales, el porcentaje de energía de origen nuclear no llega al 20%. Es cierto que a veces se afirma que en Francia este porcentaje es de un 80%, pero se trata de un error: ése es el porcentaje que corresponde a la producción de electricidad. De hecho, el consumo de productos petrolíferos per cápita en Francia es similar al del conjunto de la Unión Europea.

Así pues, apostar por una solución nuclear exigiría crear en todo el mundo miles de centrales, de un coste, como es bien sabido, desorbitado y absolutamente inaccesible a los países del Tercer Mundo (donde dos mil millones de personas siguen sin tener acceso a la electricidad y otros tres mil tienen un suministro de energía muy insuficiente). Eso sin tener en cuenta, además, la escasez del mineral uranio. En conclusión: la energía nuclear no representa hoy una alternativa real a los combustibles fósiles, sino un grave problema más, con el que es preciso acabar.

Se puede hacer referencia también a proyectos de investigación hoy en marcha para la obtención de energía por procesos de fusión, como los que tienen lugar en el Sol, que proporcionarían una energía prácticamente inagotable, sin los residuos radiactivos de la actual tecnología de fisión de núcleos pesados. Pero hay que señalar que existe una fuerte oposición a estas investigaciones en el campo de la fusión, ya que el problema de la seguridad es aún más serio que en el de los actuales reactores de fisión. Son, además, *tecnologías tan complejas que favorecen su control por unos pocos*. En definitiva, se trata, según algunos, de la energía de un futuro lejano... ¡y siempre lo será! (añaden otros irónicamente).

Estos debates y la puesta en marcha de unas u otras tecnologías van más allá de consideraciones científicas, puesto que implican opciones en las que son determinantes los valores sustentados. De hecho muchas de estas medidas tecnocientíficas están ya disponibles y otras precisan de desarrollos para los que no se proporcionan los recursos necesarios porque afectan a intereses y planteamientos ideológicos... Todo ello hace ver la importancia de las medidas educativas y políticas que puedan incidir en los objetivos sociales (por eso decimos que no basta con la tecnociencia).

Pasamos así a plantear qué educación precisamos para hacer posible un futuro sostenible.

3. MEDIDAS EDUCATIVAS


En el inicio del Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI se señala: “Frente a los numerosos desafíos del porvenir, la educación constituye un instrumento indispensable para que la humanidad pueda progresar hacia los ideales de paz, libertad y justicia social (...) como una vía, ciertamente entre otras, pero más que otras, al servicio de un desarrollo humano más armonioso, más genuino, para hacer retroceder la pobreza, la exclusión, las incomprensiones, las opresiones, las guerras, etcétera”.



A.19. ¿Qué planteamientos educativos se precisarían, en vuestra opinión, para contribuir a un desarrollo sostenible? Completad vuestras reflexiones, tras ponerlas en común, seleccionando información proveniente de diversas fuentes.

C.19

Tras poner de relieve lo que los equipos pueden haber sugerido inicialmente y darles la ocasión de añadir alguna nueva medida específicamente educativa, sintetizamos las propuestas de los expertos.

La importancia dada por los expertos en sostenibilidad al papel de la educación (*Naciones Unidas, 1992; Delors, 1996*) recomendaría dedicar a este apartado una extensión que sobrepasa con mucho las dimensiones que podemos dar a este programa de actividades (véase *Vilches y Gil-Pérez, 2003*, donde se dedica un amplio capítulo a discutir estas medidas, que aquí presentaremos muy sucintamente, así como el tema de acción clave “Educación para la sostenibilidad en:  <http://www.oei.es/decada/accion004.htm>).



Teniendo en cuenta que la educación ha de jugar un papel fundamental para la adquisición de comportamientos propios de una sociedad sostenible, se propone, en esencia, impulsar una *educación solidaria*, superadora de la tendencia a orientar el comportamiento en función de intereses a corto plazo, o de la simple costumbre, que contribuya a una correcta percepción del estado del mundo promoviendo análisis globalizadores, *genere actitudes y comportamientos responsables* y prepare para la acción ciudadana y la toma de decisiones fundamentadas dirigidas al logro de un desarrollo culturalmente plural y físicamente sostenible.

Es necesario superar comportamientos que constituyen en realidad hábitos debidos a un clima social, a una educación reiterada, apoyada por una publicidad enormemente eficaz. De ahí que se requieran acciones educativas constantes, no puntuales para promover comportamientos propios de una sociedad sostenible.

La educación ha de tratar con detenimiento estas cuestiones, ha de favorecer análisis realmente globalizadores y preparar a los futuros ciudadanos y ciudadanas para la toma

fundamentada y responsable de decisiones. Cuestiones como ¿qué política energética conviene impulsar?, ¿qué papel damos a la ingeniería genética en la industria alimentaria y qué controles introducimos?, etc., exigen tomas de decisiones que no deben escamotearse a los ciudadanos.

Se precisa una educación que ayude a contemplar los problemas ambientales y del desarrollo en su globalidad, teniendo en cuenta las repercusiones a corto, medio y largo plazo, tanto para una colectividad dada como para el conjunto de la humanidad y nuestro planeta; a comprender que no es sostenible un éxito que exija el fracaso de otros; a transformar, en definitiva, la interdependencia planetaria y la mundialización en un proyecto plural, democrático y solidario (*Delors, 1996*). Un proyecto que oriente la actividad personal y colectiva en una perspectiva sostenible, que respete y potencie la riqueza que representa tanto la diversidad biológica como la cultural y favorezca su disfrute.

Pero no se trata únicamente de comprender. Es preciso conocer y poner en práctica lo mucho que cada cual puede hacer, junto a otros, en los distintos ámbitos Y la educación debe también ayudar a ponerlo en práctica:

- Consumo responsable (que supone poner en práctica las conocidas “tres R” de reducir el consumo, reutilizar los objetos y recursos mientras sea posible y, por último, reciclarlos).
- Comercio justo (lo que significa comprar productos con garantía de que han sido obtenidos con procedimientos sostenibles, respetuosos con el medio y con las personas).
- Activismo ciudadano... que nos remite a las medidas políticas.

Merece la pena detenerse en especificar los cambios de actitudes y comportamientos que la educación debería promover.



A.20. ¿Qué es lo que cada uno de nosotros puede hacer “para salvar la Tierra”?

C.20

Las llamadas a la responsabilidad individual se multiplican hoy, incluyendo pormenorizadas relaciones de posibles acciones concretas en los más diversos campos, desde la alimentación al transporte, pasando por la limpieza, la calefacción e iluminación o la planificación familiar. Conviene referirse a las muchas sugerencias contenidas en libros como *Lo que tú puedes hacer para salvar*



la Tierra. Se puede pedir la elaboración de algún listado de propuestas, fruto de lecturas comentadas y búsquedas en Internet, además de su propia reflexión, lo que les permitirá darse cuenta de la cantidad de acciones sencillas que se pueden realizar y plantear actividades que conduzcan a compromisos personales (para los que se deben establecer procedimientos de seguimiento que actúen como refuerzo). Sin ánimo exhaustivo, se incluye en las referencias bibliográficas (destacadas en negrita) una relación de posibles lecturas.

En ocasiones, surgen dudas acerca de la efectividad que pueden tener los comportamientos individuales, los pequeños cambios en nuestras costumbres, en nuestros estilos de vida, que la educación puede favorecer. Conviene, pues, plantear explícitamente la cuestión procediendo, si hay tiempo, a algún sencillo cálculo ilustrativo.



A.21. Valorad la siguiente proposición: “Los problemas de agotamiento de los recursos energéticos y degradación del medio son debidos, fundamentalmente, a la actividad de las grandes industrias; lo que cada uno de nosotros puede hacer al respecto es, comparativamente, insignificante”. Concebid y realizad algún cálculo ilustrativo, que permita poner a prueba vuestras conjeturas al respecto.

C.21

Una proposición como la que se pide comentar expresa una concepción muy extendida acerca de la inutilidad de las acciones individuales. Pero resulta fácil mostrar (basta cálculos muy sencillos) que si bien esos “pequeños cambios” suponen, en verdad, un ahorro energético per cápita muy pequeño, al multiplicarlo por los muchos millones de personas que en el mundo pueden realizar dicho ahorro, éste llega a representar cantidades ingentes de energía, con su consiguiente reducción de la contaminación ambiental.

El futuro va a depender en gran medida del modelo de vida que sigamos y, aunque éste a menudo nos lo tratan de imponer con consignas de aumento de consumo “para activar la producción y crear empleo”, no hay que menospreciar la capacidad que tenemos los consumidores para modificarlo. En las soluciones, como en la generación de los problemas, tendrá enorme importancia la suma de las pequeñas acciones individuales que llevamos a cabo todos, por nimias que nos parezcan. La propia Agenda 21 indica que la participación de la sociedad civil es un elemento imprescindible para avanzar hacia la sostenibilidad. Aunque no se debe ocultar la dificultad de desarrollo de las propuestas de consumo responsable y solidario antes mencionadas, ya que comportan cambios profundos en la economía mundial y en las formas de vida personales. Por ejemplo, el descenso del consumo, si no viene acompañado de otras medidas, puede provocar recesión y caída del empleo. Es





preciso, pues, abordar cómo eludir estos efectos indeseados y plantearse qué cambiar del sistema para avanzar realmente hacia una sociedad sostenible. Como explica la premio Nobel sudafricana Nadine Gordimer, la reorientación de la producción hoy destinada a promover un consumismo innecesario hacia la satisfacción de las necesidades básicas de la población mundial, evitaría esa caída de empleo. Entramos aquí en consideraciones de carácter eminentemente político.

Es preciso destacar, a este respecto, que las acciones en las que podemos implicarnos no tienen por qué limitarse al ámbito “privado”: han de extenderse al campo profesional (que puede exigir la toma de decisiones) y al sociopolítico, oponiéndose a los comportamientos depredadores o contaminantes (como, por ejemplo, está haciendo con éxito un número creciente de vecinos que denuncian casos flagrantes de contaminación acústica) o apoyando, a través de ONG, partidos políticos, etc., aquello que contribuya a la paz, la solidaridad y la defensa del medio.

Y es preciso, también, que las acciones individuales y colectivas eviten los planteamientos parciales, centrados exclusivamente en cuestiones ambientales y se extiendan a otros aspectos íntimamente relacionados, como el de los graves desequilibrios existentes entre distintos grupos humanos o los conflictos étnicos y culturales: campaña pro cesión del 0,7% del presupuesto, institucional y *personal*, para ayuda a los países en desarrollo, defensa de la pluralidad cultural, fomento de la conversión de la deuda en inversiones en beneficio de la educación, igualdad de acceso de la mujer a la educación, erradicación del analfabetismo, extendiendo la educación a toda la población, etcétera.

Se trata, en definitiva, de aprender a enfocar los problemas locales en la perspectiva general de la situación del mundo y de contribuir a la adopción de las medidas pertinentes, como está ocurriendo ya, por ejemplo, con el movimiento de “ciudades por la sostenibilidad”. El lema de los ecologistas alemanes, “pensar globalmente, pero actuar localmente”, a lo largo del tiempo ha mostrado su validez, pero también su limitación: ahora sabemos que también hay que actuar globalmente. Conviene pues señalar el carácter transnacional de la problemática ambiental contemporánea y en la necesidad, por tanto, de análisis y medidas “*glocales*” (a la vez globales y locales) para hacer frente a dicha problemática.

Sobre todo, hay que insistir en que “lo que cada cual puede hacer” va más allá de un consumo responsable e incluye la dimensión ciudadana, un “activismo ciudadano ilustrado”... que remite a las medidas políticas, tan imprescindibles como las educativas y tecnológicas para sentar las bases de un futuro sostenible.

Las acciones individuales de cada uno de nosotros son, sin duda, importantes en lo que se refiere a un consumo responsable, en cuidado del medio ambiente, etc., pero no pueden quedar en simples acciones privadas. El planteamiento político —es decir, la acción ciudadana— ha de estar también presente cuando nos referimos a las medidas que se deben adoptar.

4. MEDIDAS POLÍTICAS



A.22. ¿Qué medidas políticas podemos y debemos promover para contribuir a un futuro sostenible? Comenzad señalando medidas políticas que conozcáis, que ya se estén llevando a cabo para hacer frente a los problemas del planeta.

C.22

De nuevo aquí conviene revisar lo que puedan haber mencionado ya los estudiantes y pedirles nuevas aportaciones, llamando la atención contra el descrédito de “lo político”, actitud que promueven quienes desean hacer *su política* sin intervención ni control de la ciudadanía. De nuevo nos encontramos aquí ante un obstáculo que es necesario superar para la plena implicación de la ciudadanía en la construcción de un futuro sostenible.



Para mostrar la importancia de la política podemos hacer referencia, a título de ejemplo, a algunas medidas políticas planetarias, ya adoptadas, que constituyen auténticos logros para la sostenibilidad de la especie humana:

- *Protocolo de Montreal (1989)*. Tratado internacional para evitar la destrucción de la capa de ozono, que nos protege de las radiaciones ultravioleta, mediante el control de los compuestos flúor-cloro-carbonados (freones) responsables de dicha destrucción (utilizados en circuitos de aire acondicionado, pulverizadores, etc.). Firmado en 1987, entró en vigor en 1989.
- *Corte Penal Internacional (2002)*. Tribunal de justicia internacional permanente, con sede en La Haya, para juzgar a quienes hayan cometido crímenes de genocidio, de guerra y de lesa humanidad (esclavitud, apartheid, exterminio, destrucción ambiental, etc.). Suscrito en 1998, entró en vigor en 2002.
- *Protocolo de Kioto (2005)*. Tratado internacional para la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero, que contribuyen al calentamiento global del planeta. Adoptado en 1997, entró en vigor en 2005. Se trata de un acuerdo a todas luces insuficiente, por lo que actualmente se trabaja en un “post Kioto” más ambicioso, enfrentándose a quienes anteponen la defensa de intereses particulares a muy corto plazo. Constituye un ejemplo paradigmático de la existencia de distintas políticas enfrentadas y de la necesidad de apoyar la que defiende, fundamentalmente, los intereses generales.

Conviene hacer referencia igualmente a leyes recientes de protección del medio, impulso de energías renovables, etc., en la UE y en nuestro país, porque la acción política ha de extenderse a la vez a lo local y a lo global: no todo se reduce a los necesarios acuerdos internacionales, cuyo impulso primero y seguimiento después precisa de acciones ciudadanas en las instancias próximas. La idea de *glocalidad* se abre paso como un concepto que expresa la estrecha y biyectiva relación entre lo local y lo global.

En síntesis, frente a la gravedad de los problemas, vemos que es necesaria y urgente una coordinación planetaria capaz de impulsar y controlar las necesarias medidas “glocales”

antes de que el proceso de degradación sea irreversible (véase tema de acción clave “Gobernanza universal” en <http://www.oei.es/decada/accion16.htm>). En ese sentido, es necesario salir al paso del obstáculo que suponen algunas concepciones sobre el proceso de globalización.

Una cuestión central en el debate político acerca de los problemas a los que ha de hacer frente la humanidad es el actual vertiginoso proceso de globalización y sus posibles consecuencias.



A.23. Discutid de qué modo un proceso de globalización planetaria puede afectar al logro de un desarrollo sostenible.

C.23

Según lo que venimos señalando hasta aquí, se considera absolutamente urgente una coordinación planetaria capaz de impulsar y controlar las necesarias medidas en defensa del medio y de las personas, antes de que el proceso de degradación sea irreversible: no es posible abordar únicamente de manera local problemas que afectan a todo el planeta. Sin embargo, hoy la globalización tiene muy mala prensa y son muchos los que denuncian las consecuencias del vertiginoso proceso de supuesta globalización. Y decimos “supuesta” porque el problema, como señalan diversos autores, no está en la globalización sino en su ausencia. ¿Cómo se puede considerar globalizador un proceso que aumenta los desequilibrios? No pueden ser considerados mundialistas quienes buscan intereses particulares, en general a corto plazo, aplicando políticas que perjudican a la mayoría de la población, ahora y en el futuro. Este proceso de mera globalización financiera tiene muy poco de global en aspectos que son esenciales para la supervivencia de los seres humanos. En ese sentido, Giddens (2000) afirma: “En muchos países poco desarrollados las normas de seguridad y medio ambiente son escasas o prácticamente inexistentes. Algunas empresas transnacionales venden mercancías que son restringidas o prohibidas en los países industriales...”.

La expresión “globalidad responsable” fue el lema del Foro de Davos de 1999, poniendo de manifiesto la ausencia de control o la irresponsabilidad con que se estaba desarrollando el proceso de globalización. Frente a este foro predominantemente económico (Foro Económico Mundial) surgió el Foro Social Mundial en Porto Alegre, a favor de una mundialización de nuevo tipo, de una mundialización real que defiende la existencia de instituciones democráticas a nivel planetario, capaces de gestionar los bienes públicos globales y de evitar su destrucción por quienes sólo velan por sus intereses a corto plazo.

Empieza a comprenderse, pues, la urgente necesidad de una integración política planetaria, plenamente democrática, capaz de impulsar y controlar las necesarias medidas en defensa del medio y de las personas, de la biodiversidad y de la diversidad cultural, antes de que el proceso de degradación sea irreversible. Se trata de impulsar un nuevo orden mundial, basado en la cooperación y en la solidaridad, con instituciones capaces de evitar la

imposición de intereses particulares que resulten nocivos para la población actual o para las generaciones futuras. Es necesario, pues, profundizar la democracia, extendiéndola a escala mundial, apoyada en una efectiva sociedad civil capaz de detectar los problemas y proponer alternativas.

Y existen numerosas razones para impulsar instancias mundiales. En primer lugar, es necesario el fomento de la paz, evitar los conflictos bélicos y sus terribles consecuencias, lo que exige unas Naciones Unidas fuertes, capaces de aplicar acuerdos democráticamente adoptados. Se necesita un nuevo orden mundial que imponga el desarme nuclear y otras armas de destrucción masiva con capacidad para provocar desastres irreversibles. La Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo ofrece en *Nuestro Futuro Común* (1988) ejemplos de las ventajas de la reducción de los gastos militares. Así, por citar un solo ejemplo, aplicar el Decreto de Naciones Unidas para el Agua y Saneamiento habría costado 30.000 millones al año, lo que equivale tan sólo a diez días de gastos con fines militares.

Y ese fomento de la paz requiere también instancias jurídicas supranacionales, en un marco democrático mundial, para una lucha eficaz ante el terrorismo mundial, frente al tráfico de personas, armas, drogas, capitales... para la lograr la seguridad de todos. Una seguridad que exige poner fin a las enormes desigualdades, a la pobreza extrema. Como señala Mayor Zaragoza (2000) en *Un mundo nuevo*: “En su acepción más amplia, la seguridad supone la posibilidad para las poblaciones de acceder a un desarrollo económico y social duradero; exige la erradicación de la pobreza a escala planetaria”. Se necesita, pues, incrementar la cooperación y el desarrollo, introduciendo cambios profundos en las relaciones internacionales que se vienen reclamando desde hace décadas. Una vez más se pueden percibir las estrechas vinculaciones entre las posibles soluciones: combatir la pobreza favorecería la seguridad de todos, reduciendo los conflictos que, a su vez, liberaría recursos para favorecer el desarrollo, para transferir a los países en desarrollo tecnologías que mejoren el medio ambiente, que incrementen la eficiencia energética, el tratamiento de enfermedades, etcétera.

Una coordinación política a escala mundial plenamente democrática constituye, pues, un requisito esencial para hacer frente a la degradación, tanto física como cultural, de la vida en nuestro planeta. Dicha integración reforzaría así el funcionamiento de la democracia y contribuiría a un desarrollo sostenible de los pueblos que no se limitaría, como suele plantearse, a lo puramente económico, sino que incluiría, de forma destacada, el desarrollo cultural. Ahora bien, ¿cómo avanzar en esta línea?, ¿cómo compaginar integración y autonomía democrática?, ¿cómo superar los nacionalismos excluyentes y las formas de poder no democráticas? Se trata, sin duda, de cuestiones que no admiten respuestas simplistas y que es preciso plantear con rigor. Pero debemos insistir en que no hay nada de utópico en estas propuestas de actuación: hoy lo utópico es pensar que podemos seguir guiándonos por intereses particulares sin que, en un plazo no muy largo, todos paguemos las consecuencias. Quizá ese comportamiento fuera válido, al margen de cualquier consideración ética, cuando el mundo contaba con tan pocos seres humanos que resultaba inmenso, prácticamente sin límites. Pero hoy eso sólo puede conducir a una masiva autodestrucción, a la ya anunciada sexta extinción (*Lewin, 1997*). Dicho con otras palabras: un egoísmo

inteligente, al margen de cualquier consideración ética, nos obliga a proteger el ambiente y a cooperar solidariamente para erradicar la pobreza extrema.

El avance hacia estructuras globales de deliberación y decisión, con capacidad para hacer efectivas sus resoluciones, se enfrenta a serias dificultades, pero la necesidad, como hemos venido señalando, es enorme ya que nos va en ello la supervivencia. Y esto no es una cuestión de buena voluntad o una aspiración utópica. Se trata de algo a lo que todos tenemos derecho. Defender nuestra supervivencia como especie se convierte así en la defensa de los derechos de todas las personas.

Es preciso acabar insistiendo, pues, en que lo que se dirime políticamente, en última instancia, es la *ampliación y universalización de los derechos humanos* como expresión y garantía de un futuro sostenible, frente a la defensa miope de privilegios generadores de desequilibrios insostenibles.

El avance hacia estructuras globales de deliberación y decisión, con capacidad para hacer efectivas sus resoluciones, se enfrenta a serias dificultades, pero su logro, como hemos venido señalando, es fundamental, ya que nos va en ello, sin exageración alguna la supervivencia. Y esto no es una cuestión de buena voluntad o una aspiración utópica. Se trata de algo a lo que todos tenemos derecho. Defender nuestra supervivencia como especie se convierte así en la defensa de los derechos de todas las personas.

5. DESARROLLO SOSTENIBLE Y DERECHOS HUMANOS

Las medidas que acabamos de discutir, concebidas para hacer posible un futuro sostenible, aparecen hoy asociadas a la necesidad de universalización de los derechos humanos. Dedicaremos este apartado a clarificar dicha relación, comenzando por plantearnos cuáles son esos derechos universales.






A.24. Enumerad cuáles habrían de ser, en vuestra opinión, los derechos humanos fundamentales y su contribución al logro de un desarrollo sostenible. Elaborad seguidamente un póster que ayude a comprender la relación existente entre los derechos humanos y el desarrollo sostenible, apoyándoos en información pertinente.

C.24

Esta actividad posibilita una primera aproximación a las percepciones de los estudiantes acerca de cuáles son para ellos los derechos humanos fundamentales. Cabe señalar que, de entrada, los estudiantes, como ocurre en general a muchas personas, manifiestan una cierta extrañeza ante la idea de vincular desarrollo sostenible y derechos humanos; de hecho, suelen ser escasas las referencias a los derechos humanos cuando se proponen medidas para hacer frente a la situación de emergencia planetaria.

Merece por ello la pena detenerse en mostrar que la idea de sostenibilidad se concreta en ampliación y universalización de derechos humanos. Contribuiremos así, desde una nueva perspectiva, a la necesaria visión holística, integrada, de lo que supone un futuro sostenible, superando los obstáculos del localismo y “cortoplacismo” (véase tema de acción clave “Derechos humanos” en  <http://www.oei.es/decada/accion10.htm>).

Debemos tener presente que incluso la misma idea de qué entender por derechos humanos resulta, en general, bastante pobre, evidenciando una falta de reflexión al respecto. Pero al plantear la cuestión no como un recordatorio, sino como una propuesta a hacer (“cuáles habrían de ser”), su propia discusión les hace superar el reduccionismo inicial y mencionar no sólo derechos políticos, sino también económicos, culturales y sociales e incluso, cuando se insiste en preguntar: “¿y a qué más habríamos de tener derecho todos los seres humanos?”, se llega a mencionar cosas como el “derecho a un ambiente sano”. Ello da pie a recordar brevemente la historia de estos derechos humanos —un concepto que ha ido ampliándose hasta contemplar tres “generaciones” de derechos (Vercher, 1998)— al tiempo que se analiza su papel para el logro de un desarrollo sostenible.

Podemos referirnos, en primer lugar, a los *Derechos democráticos, civiles y políticos (de opinión, reunión, asociación...)* para todos, sin limitaciones de origen étnico o de género, que constituyen una condición sine qua non para la participación ciudadana en la toma de decisiones que afectan al presente y futuro de la sociedad. Se conocen hoy como “Derechos humanos de primera generación”, por ser los primeros que fueron reivindicados y conseguidos (no sin conflictos) en un número creciente de países. No debe olvidarse, a este respecto, que los “Droits de l’Homme” de la Revolución Francesa, por citar un ejemplo ilustre, excluían explícitamente a las mujeres, que sólo consiguieron el derecho al voto en Francia tras la Segunda Guerra Mundial. Ni tampoco debemos olvidar que en muchos lugares de la Tierra esos derechos básicos son sistemáticamente conculcados cada día.

Amartya Sen, en su libro *Desarrollo y libertad* (1999), concibe el desarrollo de los pueblos como un proceso de expansión de las libertades reales de las que disfrutaban los individuos, alejándose de una visión que asocia el desarrollo con el simple crecimiento del PIB, las rentas personales, la industrialización o los avances tecnológicos. La expansión de las libertades

es, pues, tanto un fin principal del desarrollo como su medio principal y constituye un pilar fundamental para abordar la problemática de la sostenibilidad. Como señala Sen (1999), “el desarrollo de la democracia es, sin duda, una aportación notable del siglo XX. Pero su aceptación como norma se ha extendido mucho más que su ejercicio en la práctica (...) Hemos recorrido la mitad del camino, pero el nuevo siglo deberá completar la tarea”. Si queremos avanzar hacia la sostenibilidad de las sociedades, hacia el logro de una democracia planetaria, será necesario reconocer y garantizar otros derechos, además de los civiles y políticos, que aunque constituyen un requisito imprescindible son insuficientes.

Nos referimos a la necesidad de contemplar también la *universalización de los derechos económicos, sociales y culturales*, o “Derechos humanos de segunda generación” (Vercher, 1998), reconocidos bastante después de los derechos políticos. Hubo que esperar a la Declaración Universal de 1948 para verlos recogidos y mucho más para que se empezara a prestarles una atención efectiva. Entre estos derechos podemos destacar:

- Derecho universal a un trabajo satisfactorio, a un salario justo, superando las situaciones de precariedad e inseguridad, próximas a la esclavitud, a las que se ven sometidos centenares de millones de seres humanos (de los que más de 250 millones son niños).
- Derecho a una vivienda adecuada en un entorno digno, es decir, en poblaciones de dimensiones humanas, levantadas en lugares idóneos —con una adecuada planificación que evite la destrucción de terrenos productivos, las barreras arquitectónicas, etc.— y que se constituyan en foros de participación y creatividad.
- Derecho universal a una alimentación adecuada, tanto desde un punto de vista cuantitativo (desnutrición de miles de millones de personas) como cualitativo (dietas desequilibradas) lo que dirige la atención a nuevas tecnologías de producción agrícola.
- Derecho universal a la salud. Ello exige recursos e investigaciones para luchar contra las enfermedades infecciosas que hacen estragos en amplios sectores de la población del Tercer Mundo (cólera, malaria...) y contra las nuevas enfermedades “industriales” (tumores, depresiones...) y “conductuales”, como el SIDA. Es preciso igualmente una educación que promueva hábitos saludables, el reconocimiento del derecho al descanso, el respeto y solidaridad con las minorías que presentan algún tipo de dificultad, etcétera.
- Derecho a la planificación familiar y al libre disfrute de la sexualidad, que no conculque la libertad de otras personas, sin las barreras religiosas y culturales que, por ejemplo, condenan a millones de mujeres al sometimiento.
- Derecho a una educación de calidad, espaciada a lo largo de toda la vida, sin limitaciones de origen étnico, de género, etc., que genere actitudes responsables y haga posible la participación en la toma fundamentada de decisiones.
- Derecho a la cultura, en su más amplio sentido, como eje vertebrador de un desarrollo personal y colectivo estimulante y enriquecedor.
- Reconocimiento del derecho a investigar todo tipo de problemas (origen de la vida, manipulación genética...) sin limitaciones ideológicas, pero tomando en consideración sus implicaciones sociales y sobre el medio y ejerciendo un control social que evite la aplicación apresurada —guiada, una vez más, por intereses a corto plazo— de tecnologías insuficientemente contrastadas, que pueden afectar, como tantas veces ha ocurrido, a la sostenibilidad.

El conjunto de estos derechos aparece como un requisito y, a la vez, como un objetivo del desarrollo sostenible. ¿Se puede exigir a alguien, por ejemplo, que no contribuya a esquilmar un banco de pesca si éste es su único recurso para alimentar su familia? No es concebible tampoco, por citar otro ejemplo, la interrupción de la explosión demográfica sin el reconocimiento del derecho a la planificación familiar y al libre disfrute de la sexualidad. Y ello remite, a su vez, al derecho a la educación. Como afirma Mayor Zaragoza (1997), una educación generalizada “es lo único que permitiría reducir, fuera cual fuera el contexto religioso o ideológico, el incremento de población”.

En definitiva, la preservación sostenible de nuestro planeta exige la satisfacción de las necesidades básicas de todos sus habitantes. Pero esta preservación aparece hoy como un derecho en sí mismo, como parte de los llamados “Derechos humanos de tercera generación”, que se califican como *derechos de solidaridad* “porque tienden a preservar la integridad del ente colectivo” (Vercher, 1998) y que incluyen, de forma destacada, el derecho a un ambiente sano, a la paz y al desarrollo para todos los pueblos y para las generaciones futuras, integrando en este último la dimensión cultural que supone el derecho al patrimonio común de la humanidad. Se trata, pues, de derechos que incorporan explícitamente el objetivo de un desarrollo sostenible:

- *El derecho de todos los seres humanos a un ambiente adecuado para su salud y bienestar.* Como afirma Vercher, la incorporación del derecho a un medio ambiente saludable como un derecho humano, esencialmente universal, responde a un hecho incuestionable: “de continuar degradándose el medio ambiente al paso que va degradándose en la actualidad, llegará un momento en que su mantenimiento constituirá la más elemental cuestión de supervivencia en cualquier lugar y para todo el mundo (...) El problema radica en que cuanto más tarde en reconocerse esa situación mayor nivel de sacrificio habrá que afrontar y mayores dificultades habrá que superar para lograr una adecuada recuperación”.
- *El derecho a la paz*, lo que supone impedir que los intereses particulares (económicos, culturales...) se impongan por la fuerza a los demás. Recordemos las consecuencias de los conflictos bélicos y de la simple preparación de los mismos, tengan o no tengan lugar. El derecho a la paz es pues un derecho que *sólo* puede plantearse a escala universal ya que sólo una *autoridad democrática universal* podría garantizar la paz y salir al paso de los intentos de transgredir este derecho.
- *El derecho a un desarrollo sostenible*, tanto económico como cultural **de todos los pueblos**. Ello conlleva, por una parte, el cuestionamiento de los actuales desequilibrios económicos, entre países y poblaciones, así como nuevos modelos y estructuras económicas adecuadas para el logro de la sostenibilidad y, por otra, la defensa de la diversidad cultural, como patrimonio de toda la humanidad, y del mestizaje intercultural, contra todo tipo de racismo y de barreras étnicas o sociales.

Vercher (1998) insiste en que estos derechos de tercera generación “sólo pueden ser llevados a cabo a través del esfuerzo concertado de todos los actores de la escena social”, *incluida la comunidad internacional*. Se puede comprender, así, la vinculación que hemos

establecido entre desarrollo sostenible y universalización de los Derechos Humanos. Y se comprende también la necesidad de avanzar hacia una verdadera mundialización, con instituciones democráticas, también a nivel planetario, capaces de garantizar este conjunto de derechos.

Conjunto de derechos que debemos contemplar como una propuesta ética, como un proyecto por el que luchar, que debe ir guiando el camino para una convivencia solidaria y responsable y en la que encontrar los principios a tener en cuenta para la toma de decisiones.

Digamos, para terminar, que el logro de un futuro sostenible requiere un cambio profundo de actitudes y comportamientos, que se concreta, en última instancia, en el respeto y promoción de los derechos humanos sin discriminaciones de ningún tipo. Este cambio exige romper con toda una serie de obstáculos, como los que hemos ido señalando: planteamientos puramente locales, puntuales y a corto plazo; indiferencia hacia un ambiente que consideramos inmutable; ignorar nuestra propia responsabilidad; buscar soluciones contra “los otros”... Estos cambios son necesarios y posibles, pero sería un error que se convertiría en serio obstáculo, presentarlos como fáciles. Se precisa una auténtica *revolución cultural*, un cambio profundo en comportamientos y formas de organización social.

Esta idea de “revolución cultural” no tiene su origen en algún “grupúsculo maoísta”, sino que ha sido expresada por personalidades como Mayor Zaragoza. En realidad hay que hablar de una revolución no sólo cultural, sino también política y tecnocientífica. Precisamos esa “Revolución por un futuro sostenible” a la que hacíamos referencia al principio como la tarea de la que los estudiantes, necesariamente, habrán de ser protagonistas.

El objetivo precisamente de este programa de actividades es impulsarles a actuar como “activistas ilustrados” (*“Knowledge based activists”*) para que contribuyan a crear un clima de implicación generalizada para hacer frente a la situación de emergencia planetaria, *superando obstáculos* como los que hemos analizado... sabiendo que es posible actuar, pero que debemos hacerlo ya.

| Recapitulación y perspectivas

Hemos pasado revista a un conjunto de problemas con los que se enfrenta hoy la humanidad y que amenazan la continuidad de nuestra especie, así como a algunas medidas que se requiere adoptar para avanzar hacia un futuro sostenible. Proponemos ahora, para recapitular, algunas actividades de globalización.



A.25. Elaborad un esquema o “mapa semántico” que proporcione una visión global de los aspectos tratados a lo largo de esta unidad y que muestre la estrecha vinculación de los problemas y de las medidas propuestas para lograr un desarrollo sostenible.

C.25

Comenzamos este trabajo justificando la importancia y la necesidad de que la educación científica contribuya a favorecer la adopción de actitudes responsables, en particular frente a los problemas globales que afectan a la humanidad.

Problemas que, dada su gravedad, han impulsado numerosos llamamientos en las dos últimas décadas, de instituciones y organismos mundiales, a todos los educadores para que contribuyamos a que se adquiera una visión adecuada de los mismos y de las soluciones que sería necesario adoptar.



Son numerosas las ocasiones, a lo largo del currículo de ciencias, en las que es necesario hacer frente a esta problemática, para un mejor aprendizaje y preparación de la ciudadanía para la toma de decisiones frente a los problemas del mundo. Pero, como hemos tratado de mostrar, cualquier intento de hacer frente a los problemas de nuestra supervivencia deberá contemplar el conjunto de problemas y desafíos, estrechamente relacionados, que hemos analizado. Se precisa, por tanto, una educación para la sostenibilidad que aborde con detenimiento los problemas, favorezca análisis realmente globalizadores e impulse decididamente, y desde todas las áreas, comportamientos responsables, objetivos a los que pensamos puede contribuir el desarrollo de este programa de actividades.

La construcción de un esquema gráfico, como el que se propone en esta actividad, constituye una de las mejores formas de impulsar una recapitulación de los problemas tratados que muestre la estrecha vinculación de dichos problemas y de las medidas concebidas para lograr un desarrollo sostenible. La organización de una sesión póster para discutir los distintos esquemas elaborados permite profundizar colectivamente en esta visión global y ayuda a cada grupo a autorregular su trabajo. En el **esquema 1**, que se incluye más adelante, se muestra

uno de estos mapas conceptuales, elaborado por los autores de este trabajo, aunque es deudor, en buena medida, de las aportaciones realizadas por distintos equipos de profesores en formación y en activo que participaron en talleres para debatir los problemas del mundo. Naturalmente, no se pretende presentarlo como “el modelo correcto”, sino como uno más de los que se discutirán en la sesión póster. De hecho, sólo en la medida en que un equipo ha elaborado su propio esquema, puede sacar provecho de los elaborados por otros equipos.

Todo lo que hemos venido desarrollando a lo largo de la unidad nos ha debido hacer comprender la importancia y gravedad de los problemas tratados y por qué Naciones Unidas ha convocado para 2005-2014 una Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible. De ahí que se requiera no sólo tener una correcta percepción de los problemas y de concebir las acciones necesarias. Es preciso llevarlas a la práctica. Para ello realizaremos la siguiente actividad.



A.26. Proponed acciones concretas para posteriormente llevarlas a cabo en los diferentes ámbitos (aula, centro, barrio, familia...) con el fin de apoyar las campañas por un compromiso por la sostenibilidad, implicando al mayor número de personas al mismo, sumándonos así a las iniciativas de la Década de Educación para el Desarrollo Sostenible que Naciones Unidas ha convocado para 2005-2014.

C.26

Conviene dar continuidad a este capítulo dedicado a la sostenibilidad con actividades que impulsen los compromisos adquiridos y que a la vez sirvan de refuerzo de la visión global construida, lo que debe incluir un seguimiento de los compromisos de acción (consumo responsable, comercio justo, actividades cívicas) en el centro, en el barrio, en la propia vivienda, etc., es decir, de los pasos que se van dando en lo que se refiere a los cambios de comportamiento y actitudes más sostenibles.

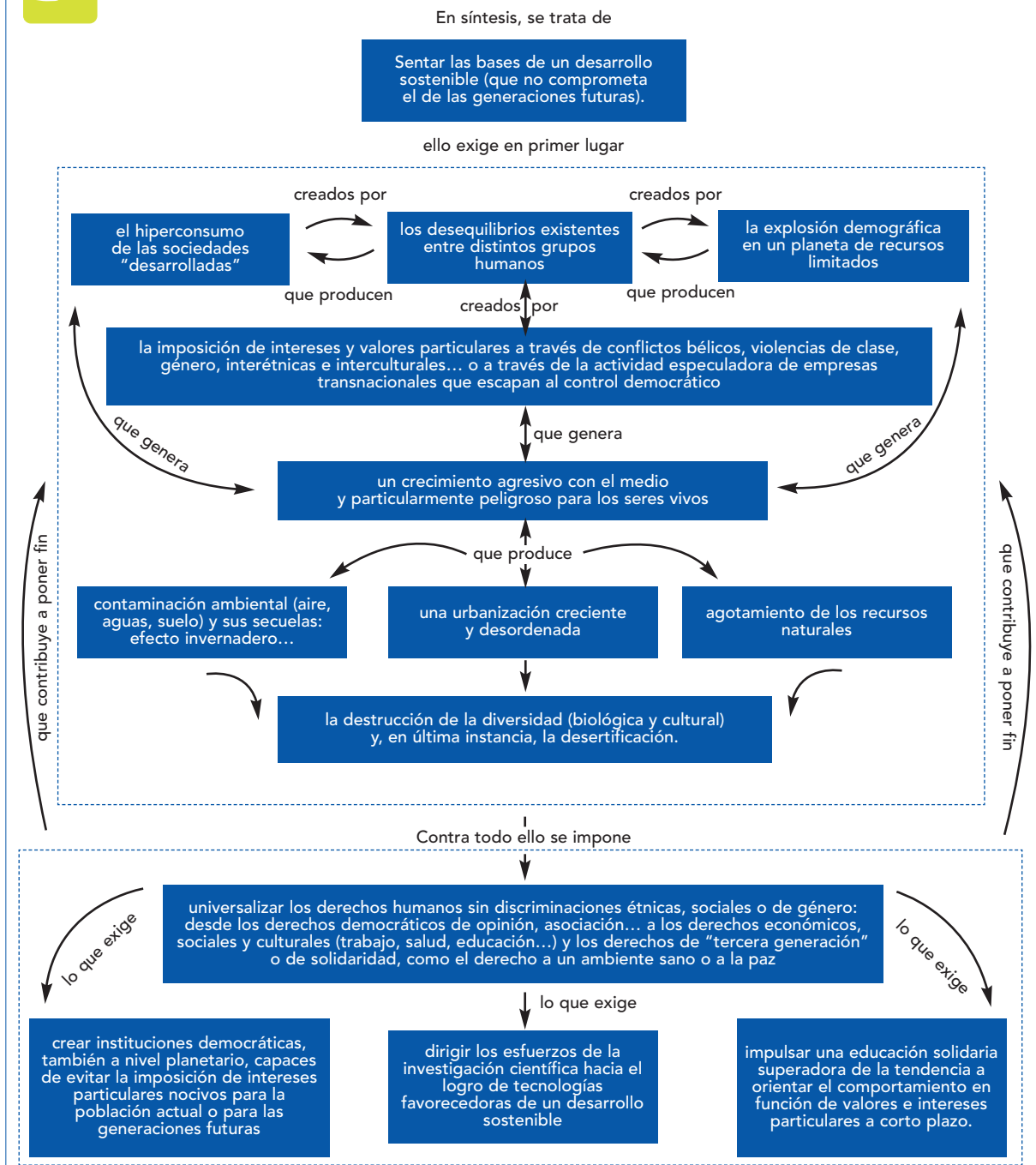


Se trata de actividades que se deben desarrollar a lo largo del curso orientadas a implicar al resto de la comunidad escolar (estudiantes, profesores, consejo escolar...) y al entorno como, por ejemplo:

- Sugerir medidas que se puedan aconsejar a los ciudadanos y ciudadanas para ahorrar energía en las viviendas, transporte, etc., darlas a conocer y promover su aplicación (sustitución de las bombillas incandescentes por las de bajo consumo, utilizar electrodomésticos más eficientes, usar transporte público, etcétera).
- *Sugerir, en particular, aportaciones que se puedan realizar en cada una de las materias que estáis estudiando, para hacerlas llegar al profesorado respectivo.*
- Diseñar una campaña de sensibilización acerca de los problemas energéticos y sus posibles soluciones para el barrio y para el centro.
- Organizar debates en torno a cuestiones como: el uso de agrocombustibles, la energía nuclear, los transgénicos, la cuestión demográfica, la “ayuda” al Tercer Mundo versus la prohibición de la pobreza extrema...
- Organizar debates, en particular, sobre problemas de ámbito local que permitan valorar distintas opciones, sus consecuencias locales y globales, etcétera.
- Estudiar el impacto que la reutilización y el reciclado de algunos materiales (papel, vidrio, pilas, etc.) puede tener en el ahorro energético o reducción de la contaminación y organizar una campaña de recogida de estos materiales en el centro.
- Recoger y analizar noticias de prensa sobre la problemática de la situación del mundo.
- Preparar carteles que llamen la atención y contribuyan a la educación para la sostenibilidad (utilizando recortes de prensa, documentos de Internet y propios, etcétera).
- Construir un horno solar y visitar un “huerto solar”, escribiendo una reseña.
- Visitar y comentar exposiciones, así como diseñar y realizar alguna, etcétera.



Esquema 1 | Una situación de emergencia planetaria. Problemas y desafíos



| Comentarios acerca de la contribución de este capítulo a los criterios de evaluación fijados para la asignatura ‘Ciencias para el mundo contemporáneo’

A lo largo del desarrollo de este capítulo se pueden encontrar aspectos relativos a los diferentes criterios de evaluación propuestos para la asignatura. Así, como se habrá visto, se ha prestado atención en diferentes ocasiones a la obtención, selección y valoración de informaciones sobre diferentes temas científicos y tecnológicos que tienen gran repercusión social, utilizando las tecnologías de la información y la comunicación para formarse opiniones fundamentadas, a que hace referencia el criterio 1.

Del mismo modo, y muy en particular, los aspectos relativos a los criterios 2, 3, 4, 5 y 6 impregnan y son objetivos centrales del contenido del capítulo. Así, a lo largo del desarrollo del tema, se han analizado y valorado las contribuciones de la ciencia y la tecnología a la comprensión de los problemas que afectan a la humanidad, así como sus consecuencias y en particular las repercusiones de la ciencia y la tecnología en los diferentes ámbitos y su relevante papel en las medidas que se requiere adoptar para avanzar hacia una gestión sostenible del planeta (criterios 2, 4, 5 y 6).

La importancia de la sensibilización ciudadana para actuar, reflejada también en el criterio 5, impregna el conjunto del capítulo y en particular los apartados 3.2, 3.3 y 3.4 dedicados a las medidas que se deben adoptar. Asimismo, se han propuesto estudios sobre cuestiones sociales relacionadas con la ciencia y la tecnología de ámbito “glocal” (global a la vez que local), así como propuestas de acción para llevar a cabo a lo largo del curso (criterio



3). Nos remitimos, a título de ejemplo, a los comentarios de la actividad A.25. La atención prestada a las enfermedades que padecen nuestras sociedades, sus causas y la necesidad de su prevención y tratamiento valorando la importancia de promover estilos de vida saludables, así como la necesidad de la aplicación del principio de precaución y la toma en consideración de los debates que la sociedad tiene planteados en torno a algunos desarrollos tecnológicos y sus repercusiones en los diferentes ámbitos conectan claramente con los criterios 7, 8, 9 y 10.

En definitiva, nos encontramos frente a un tema relevante que pretende ser una respuesta a los reiterados llamamientos de expertos e instituciones mundiales para que los educadores contribuyamos a una correcta percepción de los problemas que afectan a la humanidad, sus causas y las medidas que es necesario adoptar, contribuyendo de forma especial a los objetivos de la asignatura y a la toma en consideración de los criterios de evaluación fijados para la misma. Queremos terminar haciendo nuestras las palabras de la presentación de la asignatura: “El reto para una sociedad democrática es que la ciudadanía tenga conocimientos suficientes para tomar decisiones reflexivas y fundamentadas sobre temas científico-técnicos de incuestionable trascendencia social y poder participar democráticamente en la sociedad para avanzar hacia un futuro sostenible para la humanidad”.

| Referencias bibliográficas¹

A lo largo del desarrollo de esta unidad, el profesor habrá ido proporcionando información pertinente para mostrar la validez de vuestras aportaciones, reforzarlas y, cuando ha sido preciso, enriquecerlas.

A ello hay que añadir vuestras recopilaciones de artículos de prensa y documentos obtenidos por diversas fuentes. En particular habéis tenido acceso a los “Temas de acción clave” accesibles en la página web dedicada a la Década por un Futuro Sostenible (www.oei.es/decada), que abordan los distintos problemas discutidos, sus causas y posibles medidas para remediarlos.

Completamos toda esa información, que nos ha ayudado a llevar a cabo una reflexión colectiva en torno a la gestión sostenible del planeta, enumerando a continuación algunos libros de divulgación que abordan globalmente los problemas y desafíos que afectan a la humanidad y en particular las medidas que podemos adoptar al respecto.

BROWN, L. R. (2004). *Salvar el planeta. Plan B: ecología para un mundo en peligro*. Barcelona: Paidós.

BROWN, L. R. (1998): El futuro del crecimiento, en BROWN, L. R.; FLAVIN, C. y FRENCH, H., *La situación del mundo*. Barcelona: Icaria.

BYBEE, R. (1991): Planet Earth in crisis: how should science educators respond?, *The American Biology Teacher*, 53 (3): 146-153.

CALVO ROY, A. y FERNÁNDEZ BAYO, I. (2002): *Misión Verde: ¡Salva tu planeta!* Madrid: Ediciones SM.

CARSON, R. (1980): *Primavera silenciosa*. Barcelona: Grijalbo.

COMIN, P. y FONT, B. (1999). *Consumo sostenible. Preguntas con respuesta*. Barcelona: Icaria.

¹ Se incluyen aquí los trabajos que aparecen referenciados a lo largo de la unidad. En los distintos “Temas de acción clave” (TAC) a los que nos hemos ido remitiendo, accesibles todos ellos en www.oei.es/decada, se proporcionan más referencias, así como una relación de palabras clave, correspondientes a las numerosas cuestiones abordadas en el capítulo y otras igualmente importantes, indicando entre paréntesis los números correspondientes a los TAC donde es tratada cada una de ellas.

COMISIÓN MUNDIAL DEL MEDIO AMBIENTE Y DEL DESARROLLO (1988): *Nuestro futuro común*. Madrid: Alianza.

DALY, H. (1997): Criterios operativos para el desarrollo sostenible, en DALY, H. y SCHUTZE, C., *Crisis ecológica y sociedad*. Valencia: Ed. Germania.

DELIBES, M. y DELIBES DE CASTRO, M. (2005): *La Tierra herida. ¿Qué mundo heredarán nuestros hijos?* Barcelona: Destino.

DELORS, J. (coord.) (1996): *La educación encierra un tesoro*. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI. Madrid: Santillana. Ediciones UNESCO.

DIAMOND, J. (2006): *Colapso*. Barcelona: Debate

DUARTE, C. (coord.) (2006): *Cambio global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. CSIC.

EHRlich, P. R. y EHRlich, A. H. (1994): La explosión demográfica, *El principal problema ecológico*. Barcelona: Salvat.

FERNÁNDEZ BAYO, I. y CALVO ROY, A. (2001): *¡Enchúfate a la energía!* Madrid: Ediciones SM.

FOLCH, R. (1998): *Ambiente, emoción y ética*. Barcelona: Ed. Ariel.

FRENCH, H.: *La situación del mundo 1998*. Barcelona: Ed. Icaria.

GIDDENS, D. (2000): *Un mundo desbocado*. Madrid: Taurus.

GIL PÉREZ, D. y VILCHES, A. (2005): ¿Qué desafíos tiene planteados hoy la humanidad? Educación para el desarrollo sostenible, en GIL PÉREZ, D.; MACEDO, B.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J.; SIFREDO, C.; VALDÉS, P. y VILCHES, A. (eds.), *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO: 297-326 (accesible en <http://www.campusoei.org/decada/promocion16.pdf>).

GIRARDET, H. (2001): *Creando ciudades sostenibles*. Valencia: Tilde.

GORE, A. (2007): *Una verdad incómoda. La crisis planetaria del calentamiento global y cómo afrontarla*. Barcelona: Gedisa.

GUAL, A. et al. (2002): *Por una nueva educación ambiental. Para lectores de 12 a 20 años*. Madrid: Biblioteca Nueva.

HICKS, D. y HOLDEN, C. (1995): Exploring the future: a missing dimension in environmental education, *Environmental Education Research*, 1(2): 185-193.

LASZLO, E. (2004): *Tú puedes cambiar el mundo. Manual del ciudadano global para lograr un planeta sostenible y sin violencia*. Madrid: Nowtilus.

LEWIN, R. (1997): *La sexta extinción*. Barcelona: Tusquets Editores.

MAALUF, A. (1999): *Las identidades asesinas*. Madrid: Alianza.

MAYOR ZARAGOZA, F. (2000): *Un mundo nuevo*. Barcelona: Círculo de Lectores.

MAYOR ZARAGOZA, F. (1997): Entrevista realizada por González, E. *El País*, domingo 22 de junio: 30.

NACIONES UNIDAS (1992): *UN Conference on Environmental and Development, Agenda 21 Rio Declaration, Forest Principles*. París: UNESCO.

PORRIT, J. (1991): *Salvemos la Tierra*. Madrid: Aguilar.

RIBA, M. (2003): *Mañana. Guía de desarrollo sostenible*. Barcelona: Intermón Oxfam.

SEN, A. (1999): *Desarrollo y libertad*. Barcelona: Planeta.

SILVER, D. y VALLELY, B. (1998): *Lo que tú puedes hacer para salvar la Tierra*. Salamanca: Lóguez.

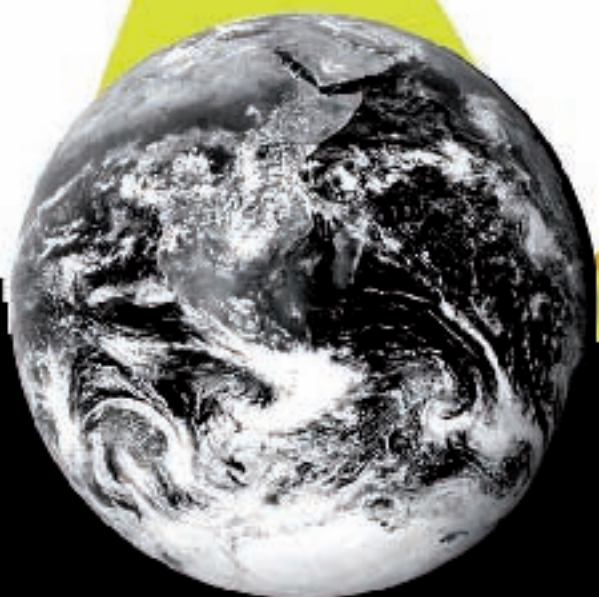
THE EARTH WORKS GROUP (2006): *50 cosas sencillas que tú puedes hacer para salvar la Tierra*. Barcelona: Naturart.

THE EARTH WORKS GROUP (2000): *Manual práctico de reciclaje*. Barcelona: Blume.

VERCHER, A. (1998): Derechos humanos y medio ambiente. *Claves de Razón práctica*, 84: 14-21.

VILCHES, A. y GIL-PÉREZ, D. (2003): *Construyamos un futuro sostenible. Diálogos de supervivencia*. Madrid: Cambridge University Press.

WORLDWATCH INSTITUTE (1984-2007): *The State of the World*. New York: W. W. Norton (versiones en castellano: *La situación del mundo*. Barcelona: Icaria).



| UNIDAD TEMÁTICA 7 | Y TÚ, ¿EN QUÉ MUNDO VIVES?

Jesús Zamora Bonilla

Profesor titular de Lógica y Filosofía de la Ciencia
Facultad de Filosofía de la UNED

| Desmontando las creencias irracionales

El objetivo principal de esta serie de actividades es permitir reflexionar a los alumnos sobre las diferencias entre los modos científicos de investigación, por un lado, y algunas formas irracionales y anticientíficas de “conocimiento”, por otro lado. Se trata de que sean conscientes de los principales rasgos que determinan la posible credibilidad de las distintas afirmaciones sobre la realidad que pueden encontrarse en su vida diaria. Las actividades propuestas cubren varios de los objetivos de la asignatura *Ciencias para el mundo contemporáneo*, y recogen materiales aptos para ser incluidos en varios de los temas de sus contenidos, aunque una parte sustancial de la actividad se refiere a contenidos propios de la unidad didáctica tema 2: “Nuestro lugar en el universo”.

Se propone que el trabajo a realizar por los alumnos en estas actividades esté basado principalmente en búsquedas de información a través de Internet, aunque también pueden emplearse otros materiales como revistas, libros o documentales. En cada una de las actividades, se trata de que los alumnos:

- Presenten un panorama de algunos de los fenómenos y casos relacionados con el tema de la actividad.
- Investiguen las razones científicas por las que dichos fenómenos tienen (en su caso) muy poca credibilidad.
- Discutan los motivos por los que las creencias asociadas a estos casos están, o han estado, tan extendidas.

En cada una de las actividades se propone que el profesor plantee varias preguntas a la clase, dividiéndola en varios grupos que puedan concentrarse respectivamente en cada una de las cuestiones. Por último, cada grupo hará una presentación de sus resultados, que serán discutidos por toda la clase. Los grupos deberán buscar en Internet, o en revistas y libros, la información necesaria para responder a las cuestiones planteadas, y dedicarán una o dos sesiones de la asignatura a preparar su presentación, así como a pensar algunas preguntas que puedan formular al resto de los grupos en la sesión siguiente, la de discusión¹.

1. POSIBLES ACTIVIDADES

- “¿Que vienen los ovnis!” (relación con la unidad didáctica 2: “Nuestro lugar en el universo”).

¹ Para participar en otras discusiones activas sobre la ciencia y su papel en la cultura contemporánea, puede verse el *blog*: <http://abordodelottoneurath.blogspot.com>

- “¿Qué dice hoy tu horóscopo?” (relación con la unidad didáctica 2: “Nuestro lugar en el universo”).
- “El debate sobre el creacionismo” (relación la unidad didáctica 2: “Nuestro lugar en el universo”).
- “Curas mágicas” (relación con la unidad didáctica 3: “Vivir más, vivir mejor”).
- “La telepatía y el teléfono móvil” (relación con la unidad didáctica 6: “La aldea global”).
- “La danza de la lluvia” (relación con la unidad didáctica 4: “Hacia una gestión sostenible del planeta”).

Algunas de estas actividades se presentan de forma esquemática. Las dos primeras se desarrollarán en el texto de forma más extensa, acompañadas de material relevante extraído de Internet.

2. RELACIÓN CON LOS CONTENIDOS DE LA ASIGNATURA



La finalidad más importante de la actividad que planteamos se enmarca dentro de lo que el programa oficial de la asignatura *Ciencias para el mundo contemporáneo* considera en su introducción:

Los ciudadanos del siglo XXI, integrantes de la denominada “sociedad del conocimiento”, tienen el derecho y el deber de poseer una formación científica que les permita actuar como ciudadanos autónomos, críticos y responsables.

Obviamente, lo recogido en el párrafo anterior no significa sólo el tener unos determinados conocimientos sobre el mundo y la sociedad que estén basados en la ciencia, sino también, y muy principalmente, el poseer la capacidad de *responder críticamente a la continua avalancha de afirmaciones irracionales* que pueden encontrarse diariamente en los medios de comunicación y en otros lugares. La ciencia es uno de los principales exponentes de la capacidad del ser humano para aplicar el pensamiento racional, y es importante que los alumnos sean conscientes de las diferencias que existen entre este tipo de pensamiento y el que sostiene a las creencias irracionales, y adquieran el hábito de aplicar el pensamiento racional a todas las fuentes de información que se encuentran.

Este objetivo se ejemplifica muy particularmente en uno de los apartados del bloque de los denominados “Contenidos comunes”:

Reconocimiento de la contribución del conocimiento científico-tecnológico a la comprensión del mundo, a la mejora de las condiciones de vida de las personas y de los seres vivos en general, a la superación de la obiedad, a la liberación de los prejuicios y a la formación del espíritu crítico.

Por otro lado, las actividades que se proponen en esta unidad didáctica tienen una clara relación con los contenidos de algunos de los otros temas de la asignatura, como se irá viendo en cada caso.

3. METODOLOGÍA Y EVALUACIÓN

La metodología que proponemos en esta unidad permite realizar todo el trabajo de búsqueda de información que lleven a cabo los alumnos *a través de Internet*. De hecho, uno de los objetivos instrumentales que nos planteamos es que la unidad les sirva para familiarizarse con las búsquedas en Internet. Como se sabe, uno de los principales problemas de esta poderosísima herramienta de información es que en ella es muy fácil “perdersé” entre datos y páginas poco relevantes, pero por otro lado, la misma abundancia de información hace necesario acostumbrarse a “bucear”.

La forma de búsqueda más sencilla, que es la que sugerimos aquí como inicio de las actividades, consiste en que se el profesor les facilite a los alumnos unas cuantas páginas que pueden servirles de inicio de **búsqueda** mediante dos procedimientos:

- Los propios vínculos incluidos en esas páginas.
- El uso de términos (nombres, lugares, objetos, obras, etc.) que aparecen en esas páginas como criterios para introducir en un buscador como Google, Yahoo, etcétera.

Asimismo, el profesor plantea una serie de **cuestiones**, en la línea de las que incluimos más abajo, que deben orientar la búsqueda y la reflexión sobre el material que hayan encontrado.

Los alumnos deberán elaborar un **documento** en el que incluyan las páginas más relevantes que han obtenido como resultado de la búsqueda, y una **reflexión** propia sobre las cuestiones indicadas. Este documento servirá también de base para una **exposición-debate** ante toda la clase, preferiblemente el grupo que ha elaborado el documento se dividirá en dos subgrupos, uno de los cuales actuará como “abogado del diablo”, intentando justificar la veracidad de las informaciones irracionales que se han descubierto, mientras que el otro expondrá los argumentos en contra.

Otra posible forma de organizar la actividad, en ningún modo incompatible con la anterior, es mediante **la creación de un blog** para toda la clase, en la

que cada grupo sea responsable de una *sección* con un tema determinado. En esas secciones cada grupo iría colgando (debidamente *clasificada*) la información encontrada, así como su documento final (preferiblemente en forma de *presentación*, más que de texto). Todos los alumnos de la clase participarían comentando la información proporcionada por los otros grupos.

A modo de ejemplo, hemos creado un *blog* en la dirección: @ <http://enque-mundovives.wordpress.com/> (véase la imagen).



Estas actividades, además de fomentar el trabajo en grupo e individual, permiten al profesor, por otro lado, una fácil **evaluación** del proceso de trabajo y del aprendizaje de contenidos y procedimientos. En particular, la elaboración de una presentación permite evaluar la claridad de ideas, la sistematicidad de las búsquedas, la capacidad lingüística en distintos niveles (escrita y oral) y la capacidad para el debate. La apertura de hilos de comentarios en el *blog* permite también controlar la participación de cada alumno individualmente y su capacidad de redacción y de comprensión de los problemas.

| ¡Que vienen los ovnis!

Principales objetivos:

- Comprender algunos hechos importantes sobre el universo mediante la discusión de la “ecuación de Drake” sobre el número probable de civilizaciones extraterrestres.
- Descubrir algunos de los principios en los que puede basarse la existencia de vida en el universo.
- Reflexionar sobre los “avistamientos de extraterrestres” como fenómeno psicológico y sociológico.
- Comprender algunas de las razones físicas que hacen extremadamente improbable que haya habido visitas de civilizaciones extraterrestres a nuestro planeta.

Cuestiones y actividades planteadas:

- Recopilar información sobre “avistamientos de ovnis”. Proponer una clasificación de los avistamientos o experiencias con extraterrestres según sus diferencias y buscar las semejanzas principales. Elaborar una tabla temporal indicando la frecuencia de los avistamientos a lo largo del tiempo.
- ¿Cuántas civilizaciones avanzadas pueden existir en el universo? Plantear la ecuación de Drake y buscar datos para calcular los posibles valores resultantes. Fijar límites mínimos y máximos razonables. Calcular los valores para nuestra galaxia, para el grupo local y para el universo en su conjunto.
- Exponer las principales razones físicas que dificultan o hacen prácticamente imposibles los viajes interestelares.
- ¿Podría tener la vida en nuestro planeta un origen extraterrestre? Buscar teorías al respecto, tanto científicas como no científicas, y exponerlas de manera crítica, buscando sus pros y sus contras.
- Buscar y exponer información sobre los programas SETI (“Search of Extraterrestrial Intelligence”) y SETI-home.
- Elaborar una encuesta sobre el tema para hacerla a los alumnos del instituto y otras personas.
- ¿Estamos solos en el universo? Posibles implicaciones filosóficas de cada respuesta.



Posibles actividades con el material incluido en esta unidad²:



A.1. Consultar el artículo de Juan José Benítez, “Tanzania: astronautas en la edad de Piedra”, en la página web: @ <http://www.planetabenitez.com/misenigmas/tanzania.htm>

1. Diferenciar lo que son “datos” de lo que son “interpretaciones” en el texto, en particular, de lo que es “una interpretación ofrecida como si fuera un hecho”.
2. ¿Qué “hechos sin explicación” propone considerar el artículo? ¿Qué explicación sugiere? ¿Qué otras posibles explicaciones para esos hechos se os ocurren? ¿Qué otros “hechos” sobre las pinturas pensáis que son igual de difíciles de explicar?
3. Comparar el caso presentado por J. J. Benítez con las pinturas rupestres del norte de España. ¿Resulta más fácil ofrecer una explicación del significado de estas últimas? ¿Podríamos encontrar una explicación “totalmente convincente” o casi?



A.2. Consultar el artículo de Pablo Francescutti, “Los extraterrestres ya no nos quieren”, en la página web: @ http://www.elpais.com/articulo/paginas/extraterrestres/nos/quieren/elpepusoceps/20070930elpepspag_8/Tes

1. Identificar y describir las principales etapas en la historia sobre avistamientos de OVNIS.
2. Comentar las razones sugeridas por el autor para el cambio de actitud del público hacia el tema de los OVNIS, y discutirlos.
3. Informarse sobre los mecanismos psicológicos o sociológicos mencionados por el autor como explicaciones del “fenómeno OVNI”, y buscar otros ejemplos de esos mecanismos.



A.3. Consultar el artículo de Luis Alfonso Gámez, “Benítez contra Gámez: historia de una condena”, en la página web: @ <http://blogs.elcorreodigital.com/magonia/2007/7/27/benitez-contra-gamez-historia-una-condena>

1. Exponer las principales críticas que Luis Alfonso Gámez plantea a las obras de Juan José Benítez, y discutir su validez.
2. Argumentar sobre la legitimidad y la moralidad de presentar en los medios de comunicación públicos narraciones fantásticas como si fueran hechos científicamente demostrados.
3. Argumentar sobre los límites morales y legales de las críticas a las afirmaciones públicas manifiestamente irracionales.

² Por motivos de propiedad intelectual, no hemos podido incluir los textos completos de las páginas web sobre las que tratan las actividades. Recomendamos, por lo tanto, que el profesor o los alumnos las visiten directamente.



A.4. Consultar el artículo de Ferrán Tarrasa Blanes, “Los viajes a la Luna NO fueron falsos”, en la página web: http://intercosmos.iespana.es/reportajes/luna/luna_principal.htm

1. Exponer las razones que se han aducido en ocasiones para poner en duda la veracidad de los viajes de la NASA a la Luna en los años sesenta y setenta.
2. Exponer las críticas a estos argumentos presentadas en el artículo.
3. “Quienes creen que los viajes a la Luna fueron falsos es más probable que piensen que los extraterrestres nos visitan”. ¿Crees que es correcta esta afirmación? ¿Por qué?



| ¿Qué dice hoy tu horóscopo?

Principales objetivos:

- “Poner en práctica actitudes y valores sociales como la creatividad, la curiosidad, el antidogmatismo y la reflexión crítica, que son útiles para el avance personal, las relaciones interpersonales y la inserción social.”
- “Búsqueda, comprensión y selección de información científica relevante de diferentes fuentes para dar respuesta a los interrogantes, diferenciando las opiniones de las afirmaciones basadas en datos.”
- Distinguir entre ciencias y pseudociencias; en particular, distinguir entre astronomía y astrología.
- Comprender en la práctica algunos elementos básicos del método científico, en particular los métodos de contrastación de hipótesis.
- Conocer algunos de los puntos esenciales del desarrollo histórico del conocimiento del universo, en especial la astronomía antigua y la revolución copernicana.

Cuestiones y actividades planteadas:

- Contrastar la validez de los horóscopos. El grupo encargado de este tema llevará a cabo un experimento dividido en dos partes. En primer lugar, a partir de las predicciones de varios horóscopos (procedentes de revistas, diarios, Internet, etc.) para varios miembros de la clase durante varios días seguidos, se intentará cuantificar la “tasa de aciertos” de cada horóscopo, a partir de la respuesta de cada alumno al día siguiente (por ejemplo, se puede construir una escala con cinco puntos: “el horóscopo ha acertado plenamente”, “ha acertado más que fallado”, “ha acertado tanto como ha fallado”, “ha fallado más que acertado” y “ha fallado totalmente”). En segundo lugar, se fabricará un horóscopo simulado, emparejando al azar las diversas predicciones que aparecían en los horóscopos del ejercicio anterior, con cada uno de los signos del zodiaco, y se cuantificará del mismo modo la tasa de éxito. La prueba con ambos horóscopos debe hacerse simultáneamente, y de tal forma que los alumnos no sepan si el horóscopo sobre el que tienen que responder es verdadero o falso (preferiblemente, se debería usar un sistema de “doble ciego”, de modo que los miembros del grupo encargado del trabajo no puedan



saber hasta después de realizado el ejercicio a qué compañeros han dado horóscopos “auténticos” y a quiénes se lo han dado “simulado”). Los resultados del experimento se presentarán públicamente y serán discutidos por toda la clase.

- ¿Cómo puede *influir* la posición que tenían los astros el día del nacimiento de alguien en su personalidad? ¿Cómo pueden determinar los acontecimientos que van a suceder?
- ¿Cómo puede *averiguarse* si lo hacen o no? Comparar la explicación histórica de cómo llegó a conocerse la estructura del sistema solar (desde el sistema de Ptolomeo al de Newton), con la ausencia de una explicación clara de cómo han llegado a “conocerse” las “leyes de la astrología”. Discusión sobre el significado de la expresión “ciencias ocultas” o “saberes para iniciados”.
- Tradicionalmente, la astrología ha sido censurada por la religión cristiana. Buscar información relevante y explicar los argumentos del cristianismo contra la astrología.
- Buscar información sobre otros tipos de “adivinación”. Realizar una encuesta entre los miembros de la clase, del centro, o su entorno, acerca de en qué medida creen en estos pronósticos, si los consultan aunque no los crean, por qué, etc. La credibilidad puede medirse comparándola con alguna otra referencia (por ejemplo, pedir a los encuestados que ordenen —según cuánta credibilidad les asignan— una serie de “fuentes”, como predicciones meteorológicas, telediarios, programas del corazón, videntes, políticos, científicos, mecánicos, profesores, etcétera).
- Buscar ejemplos de otras “predicciones” de tipo ocultista o religioso (milenaristas, adventistas...) realizadas en los últimos tiempos, y verificar si se han cumplido o no.
- Comparar los horóscopos “griegos” (los basados en el sistema de constelaciones occidental) con los horóscopos “chinos”. ¿Hay razones para creer que uno de estos sistemas sea más válido que el otro?

Posibles actividades con el material incluido en esta unidad:



A.5. Consultar el artículo de Ramón Espax y Jordi Bozzo, “Una revisión crítica de la astrología”, en la página web: <http://www.um.es/docencia/barzana/ESCEPTICISMO/Astrologia-01.html>

- Hacer una lista de los principales defectos que hacen que la astrología no pueda ser considerada una ciencia, según este artículo, y explicarlos. Describir la metodología empleada en el artículo.
- Explicar lo que se entiende en el artículo por “sesgo”.
- Comentar el hecho de que grandes científicos del pasado (como Ptolomeo, Kepler y Newton) hayan creído y practicado la astrología.



A.6. Consultar el artículo de Ferrán Tarrasa, “¿Por qué no creo en la astrología?”, en la página web: @ <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/2352/porque01.htm>

1. ¿Por qué la astrología está basada en una concepción *geocéntrica* del universo? ¿Qué influencia puede tener eso en la validez o falta de validez de la astrología?
2. ¿Qué argumentos da el autor para justificar que las constelaciones del zodiaco son signos convencionales que no tienen ningún valor objetivo?
3. Si los argumentos en contra de la astrología son tan potentes, debatir si los medios de comunicación que contienen horóscopos deberían incluir una advertencia sobre su falta de validez, o si debería prohibirse su publicación totalmente.



A.7. Consultar los textos del *blog* “La noche de la iguana” en la página web: @ <http://www.santosrios.com/?p=153>

- Hacer una lista de las respuestas que da el autor del texto a las principales críticas que señala hacia la astrología. Discutir si ambas, críticas y respuestas, parecen razonables y por qué.
- ¿Por qué no existe una “Facultad de Ciencias Astrológicas”, como propone el autor? ¿Pensáis que debería existir? ¿Qué tendría que estudiarse allí? ¿Debería sufragarse con fondos públicos, como el resto de estudios universitarios?
- ¿A qué llama el autor del texto “demostracionismo”? Buscar información sobre una concepción sobre la ciencia denominada “falsacionismo” (propuesta por el filósofo Karl Popper) y sobre el “método hipotético-deductivo”. A partir de esta información, discutir si la ciencia funciona “demostrando” la validez de las leyes o más bien someténdolas a prueba y aceptando provisionalmente las que han “resistido”. ¿Son más críticos con sus propias teorías los científicos o los astrólogos?



RECURSOS EDUCATIVOS FECYT

Introducción

La FECYT contempla como uno de sus objetivos estratégicos el fomento de la cultura científica y la difusión de los resultados de la investigación y el desarrollo tecnológico.

El Departamento de Ciencia y Sociedad centra su actividad en el cumplimiento de este objetivo mediante el desarrollo de actividades orientadas para la ciudadanía, la comunidad educativa, los medios de comunicación y la comunidad científica.

Las actividades dirigidas a la comunidad educativa, en la que se integran docentes y alumnado, puestas en marcha por la FECYT tienen como finalidad apoyar la enseñanza de disciplinas científicas en la escuela y promover acciones encaminadas a favorecer el desarrollo de vocaciones científicas en los jóvenes.

Los recursos educativos de la FECYT al servicio de profesores y estudiantes tienen como objetivos:

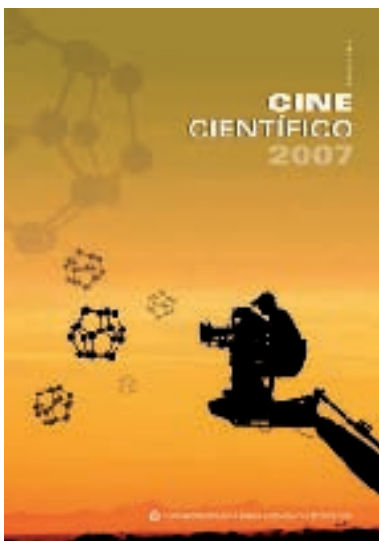
- Promocionar y estimular las labores docentes en la enseñanza de la ciencia y la tecnología.
- Crear materiales pedagógicos que complementen los contenidos curriculares.
- Crear recursos para estimular e incrementar el interés por la ciencia y la tecnología del alumnado.
- Potenciar una enseñanza dinámica, participativa y atractiva de la ciencia para fomentar las vocaciones científicas.
- Promocionar actividades científicas en los centros de enseñanza.

A continuación se describe brevemente los recursos disponibles:

1. Materiales de divulgación científica y didáctica de las ciencias.
2. Actividades de divulgación científica y tecnológica.
3. Servicios a disposición del profesorado.

| Materiales de divulgación científica y didáctica de las ciencias

PROGRAMA DE CINE CIENTÍFICO



OBJETIVO

Promover la cultura científica en la población española en general y en el mundo educativo en particular a través de medios audiovisuales científicos.

El programa de cine científico se elabora anualmente en colaboración con la Asociación Española de Cine Científico. Consiste en un conjunto de audiovisuales científicos que pretende facilitar un nuevo instrumento de apoyo en el desarrollo de la labor docente. Estos audiovisuales se complementan con una guía que recoge una serie de recomendaciones y sugerencias pensadas especialmente para que las personas interesadas desarrollen actividades relacionadas con el contenido de las películas.

Con el objetivo de fomentar el debate y la generación de ideas sobre el tema de la proyección, en la ficha de cada película se proponen varias cuestiones sobre las que establecer un diálogo entre las espectadoras y espectadores. Para finalizar, la guía incluye una ficha de seguimiento para cada uno de los audiovisuales seleccionados que permita el asentamiento de los conocimientos que se derivan del mismo.

Las películas abarcan todas las áreas del conocimiento y tiene un derecho de exhibición por un año.

Cada vídeo se pone a disposición de la comunidad educativa por medio de un sistema de préstamo de forma gratuita (incluyendo los gastos de envío y devolución) por un plazo máximo de dos semanas.

INFORMACIÓN ON LINE

Programa 2007-2008 en  <http://www.semanadelaciencia.es/destacados-cine.php>

CONCURSOS ESCOLARES

Ciencia en Acción

OBJETIVO

Por medio de este concurso se trata de potenciar la generación de materiales divulgativos y pedagógicos útiles y de calidad (textos, imágenes, vídeos,

etc.) que sirvan de ayuda para complementar los contenidos curriculares en los diversos niveles educativos.

La FECYT, junto con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, la Real Sociedad Española de Física y la Real Sociedad Matemática Española, organiza el programa Ciencia en Acción, un concurso nacional que tiene como destinatarios a estudiantes, profesores, investigadores y divulgadores científicos.

Con el concurso se pretende desarrollar instrumentos y materiales efectivos de divulgación científica, contribuyendo a extender y mejorar la cooperación internacional en esta materia. Su finalidad es dar a conocer la ciencia de forma atractiva y estimulante para que los estudiantes se interesen por ella y que el gran público disfrute observando y participando en la feria de la gran final.

El concurso contempla varias categorías, que este año han sido las siguientes:

- **Demostraciones de Física:** actividades prácticas para realizar en el aula basadas en la Física como área de conocimiento.
- **Laboratorio de Matemáticas:** actividades prácticas para realizar en el aula basadas en las Matemáticas como área de conocimiento.
- **Demostraciones de Química:** actividades prácticas a realizar en el aula basadas en la química como área de conocimiento.
- **Laboratorio de Biología y Geología:** actividades prácticas a realizar en el aula basadas en la Biología y Geología como áreas de conocimiento.
- **Ciencia y tecnología:** actividades prácticas para realizar en el aula que estén basadas en aplicaciones de la ciencia al ámbito tecnológico.
- **Sostenibilidad:** iniciativas dirigidas hacia la sensibilización y concienciación de la población en temas medioambientales (contaminación, desarrollo sostenible y conservación del entorno).
- **Materiales didácticos de ciencia:** pueden presentarse en forma de cuadernillos de trabajo, libros, o cualquier otro formato en soporte papel, y también en CD-Rom, páginas web, programas de simulación o autoaprendizaje u otros formatos en soporte informático.
- **Trabajos de divulgación científica:** libros, artículos de prensa escrita, folletos o catálogos de exposiciones u otros en soporte papel y emisiones de radio, vídeos o programas de televisión u otros formatos en soportes varios.
- **Ciencia, ingeniería y valores:** trabajos relacionados con la promoción de los valores humanos en la ciencia y la ingeniería, en cualquier tipo de formato (textos de ensayo, proyectos, obras ejecutadas, etcétera).
- **Puesta en escena:** presentaciones teatrales de contenidos científicos dirigidas al gran público. La representación teatral debe tener una duración máxima de 30 minutos.

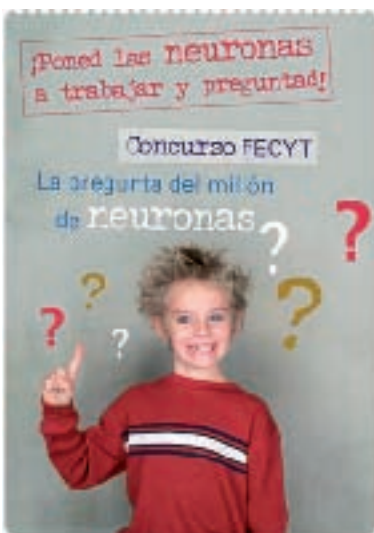


- **Cortos científicos:** audiovisuales de contenido científico cuyo objetivo sea la divulgación y con una duración no superior a 20 minutos ni inferior a 60 segundos.

La edición 2008 se celebrará del 19 al 21 de septiembre en el Museo de la Ciencia en Valladolid. Todos los materiales presentados al concurso se editan en un CD-Rom que se distribuye gratuitamente entre todos los centros de Enseñanza Secundaria del país.

INFORMACIÓN ON LINE

- @ <http://www.cienciaenaccion.org/> y el díptico se puede descargar en
- @ <http://www.fecyt.es/fecyt/docs/tmp/-1894280230.pdf>



Otros concursos

OBJETIVO

Motivar la realización de actividades científicas como complemento educativo por medio de concursos escolares dotados de premios atractivos y también encaminados a fomentar la didáctica de la ciencia.

La FECYT convoca anualmente un concurso que contempla el desarrollo de un tema de actualidad científica y que está dirigido a grupos de estudiantes de Primaria, Secundaria y Bachillerato, liderados por un profesor.

En las ediciones anteriores fueron:

- **La pregunta del millón de neuronas (2007).** La neurociencia fue seleccionada como el área temática para el concurso ese año. La participación consistía en que el alumnado propusiera una pregunta sobre algún aspecto del cerebro, del sistema nervioso o de las disciplinas dedicadas a su estudio que les llamaran particularmente la atención. Incluso, se podía sugerir algún tema de investigación que se creyera que debe desarrollarse para avanzar en el conocimiento del cerebro. Las más de 300 preguntas recibidas y sus correspondientes respuestas científicas fueron recopiladas y publicadas *on line* para su consulta por los participantes o cualquier persona interesada. Los alumnos de la clase ganadora vistaron el Parc de Recerca Biomèdica de Barcelona y acudieron a un taller de neurociencia organizado por el Centro de Regulación Genómica del citado parc.
- **Año del Planeta Tierra. Concurso "Reporter@s del Planeta Tierra" (2008).** El propósito del concurso es profundizar en el conocimiento de las ciencias de la Tierra y comprender mejor la importancia que tienen las geociencias en la vida cotidiana y el reto que supone para ésta y otras disciplinas científicas en la construcción de un futuro sostenible para nuestro planeta. La participación consistía en la elaboración de reportajes (vídeo o fotografías) sobre diversos aspectos geológicos realizados por los alumnos. El premio para la clase ganadora consiste en un fin de semana en el

Parque Nacional de Cabañeros (Toledo y Ciudad Real) con estancia y visita guiada a los diferentes parajes geológicos de la reserva.

INFORMACIÓN ON LINE

@ <http://www.planetatierra.fecyt.es> y en la página <http://www.fecyt.es>

PUBLICACIONES

Unidades didácticas

OBJETIVO

Proporcionar una publicación de apoyo a la docencia en temas científico-tecnológicos de actualidad.

La FECYT, con el fin de apoyar al profesorado en su labor docente, edita materiales pedagógicos de calidad que complementan los contenidos curriculares.

Anualmente, y en colaboración con otras instituciones y expertos de prestigio, la FECYT elabora una unidad didáctica relacionada con un tema científico y tecnológico de actualidad. Sus contenidos desde el año 2003 han sido: *Eclipses* (2003), *Meteorología y climatología* (2004), *La huella de Einstein* (2005) y *Viaje al universo neuronal* (2006).

Se distribuyen gratuitamente en todos los centros educativos de Enseñanza Secundaria del Estado español.

INFORMACIÓN ON LINE

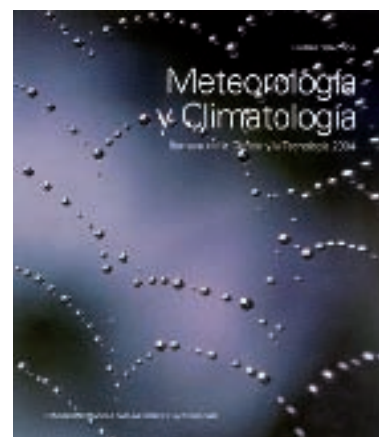
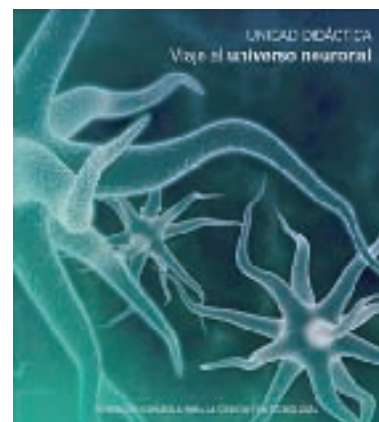
Las unidades didácticas se pueden consultar y descargar en el apartado "Publicaciones" en @ <http://www.fecyt.es>

Otros materiales

OBJETIVO

Fomentar el diálogo ciencia-sociedad a través de la realización de publicaciones que sitúan la ciencia al alcance del gran público.

La FECYT edita otras publicaciones entre las que se puede mencionar, a modo de ejemplo, las dos ediciones del libro *Imágenes actuales de la ciencia y la tecnología española* en versión bilingüe, español e inglés, de la que se realiza una distribución internacional. Asimismo, también es de interés la serie de libros del Premio Esteban de Terreros, cuyo objetivo es promover la creación y difusión de obras de calidad escritas en español en el ámbito de la cultura científica y tecnológica; el año 2007 fue *Un planeta en busca de energía*.





También son de interés la publicación de los estudios de percepción social de la ciencia y tecnología que incluye análisis sobre las opiniones y actitudes de los jóvenes sobre la ciencia.

INFORMACIÓN ON LINE

Se encuentran en el apartado publicaciones de la página [@ http://www.fecyt.es](http://www.fecyt.es)

Material multimedia

La FECYT elabora materiales multimedia que contribuyan a presentar la ciencia de una forma atractiva mediante un lenguaje y presentación cercana a los estudiantes.

INFORMACIÓN ON LINE

Estos materiales multimedia se encuentran en versión electrónica en la página [@ http://www.fecyt.es](http://www.fecyt.es)

| Actividades de divulgación científica y tecnológica

JORNADAS

OBJETIVO

Fomentar el acercamiento de la comunidad educativa a las diversas áreas del conocimiento científico y los investigadores.

La FECYT colabora con diversas entidades y organismos en la puesta en marcha de eventos, jornadas y seminarios que pretenden contribuir al mejor conocimiento de la ciencia y la tecnología realizada en nuestro país, así como de las personas que la llevan a cabo.

La FECYT, en colaboración con el Consejo General de los Ilustres Colegios Oficiales de Doctores y Licenciados en Filosofía y Letras, participa en la organización de las *Jornadas sobre Enseñanza de las Ciencias* que tienen lugar en el Museo Cosmocaixa. Las ediciones anteriores fueron “Ciencia en el mundo contemporáneo: un nuevo reto en el currículo de ciencias en Secundaria” (2006) y “Nuevos retos en el currículo de física y química” (2007). Este año se prevé la jornada “Investigación didáctica e innovación en el aula”, los días 28 y 29 de noviembre de 2008.

INFORMACIÓN ON LINE

La página web [@ http://www.fecyt.es](http://www.fecyt.es) informa puntualmente de estos eventos.

SEMANA DE LA CIENCIA

OBJETIVO

Fomentar la participación ciudadana en general, y en particular a los docentes con sus alumnos, la posibilidad de involucrarse en diversas iniciativas y actividades de divulgación científica y tecnológica que se desarrollan por todo el país.

Las FECYT es la entidad coordinadora de la Semana de la Ciencia en España que tiene lugar en el mes de noviembre todos los años. El objetivo es sensibilizar a la sociedad española respecto a la investigación científica y la innovación tecnológica a través de la participación ciudadana en diversas actividades y su acceso al patrimonio español en estos campos.

Se organizan durante la Semana de la Ciencia diversos talleres, jornadas de puertas abiertas a centros de investigación, visitas a museos de ciencia,





conferencias, exposiciones y otro tipo de actividades relacionadas con la divulgación científica.

INFORMACIÓN ON LINE

La FECYT viene desarrollando la página web nacional de la Semana de la Ciencia, en la que puede accederse a la información sobre todas las actividades organizadas en nuestro país. Asimismo, se ofrece información complementaria sobre las efemérides de referencia y sobre las actividades que la propia Fundación organiza en el marco de esta iniciativa.

LOCALIZACIÓN

@ <http://www.semanadelaciencia.es>

CIENCIA EN LOS CENTROS EDUCATIVOS

OBJETIVO

Ofrecer a los estudiantes una visión de la ciencia atractiva y dinámica mediante la realización de talleres científicos en los centros educativos.

La actividad se plantea como una forma de aproximación directa al alumnado y a los docentes, y consiste en la realización de talleres y actividades científicas en los propios centros educativos.

Durante 2007 se puso en marcha el taller “Descubre la robótica”, con la finalidad de familiarizar a los estudiantes de Primaria (6-12 años) con la inteligencia artificial aplicada en robots autónomos. Su primera fase, se llevó a cabo en 200 centros educativos de toda España y contó con la participación de 15.000 niños en más de los 600 talleres realizados.

LOCALIZACIÓN

@ <http://www.descubrelarobotica.es/>

ESTANCIAS CIENTÍFICAS DE VERANO ESCIVE

OBJETIVO

Aproximar la ciencia a los estudiantes haciéndoles participe de las actividades que se desarrollan en un laboratorio de investigación científica y tecnológica.

Experiencia dirigida a estudiantes españoles y portugueses de Bachillerato de edades comprendidas entre 15 y 17 años, que se realiza en el mes de julio. Consta de dos partes. Por un lado, estudiantes españoles viajan a Portugal para compartir durante 10-12 días con estudiantes portugueses la oportunidad de incorporarse a un equipo de investigación en los centros



destinados a ello (instituciones y laboratorios científicos). Paralelamente, estudiantes portugueses se desplazan a España para participar, junto con alumnos españoles, en una actividad que les permita entrar en contacto con el trabajo cotidiano de un equipo de investigación, para posteriormente aplicar los conocimientos adquiridos en el desarrollo de alguna acción divulgativa.

En este programa participan unas ocho instituciones o laboratorios científicos españoles y portugueses y 50 estudiantes de cada país.

LOCALIZACIÓN

 <http://www.fecyt.es>



SERVICIO DE INFORMACIÓN AL PROFESORADO



OBJETIVO

Apoyar a la comunidad educativa facilitando la comunicación sobre aquellos temas que pueden resultar de interés para la actividad docente.

Mediante el Servicio de Información al Profesorado (SIP), la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) ha creado un sistema de comunicación, vía correo electrónico, que informa a todos aquellos docentes interesados sobre las actividades y materiales que organiza y elabora, así como de cualquier otra iniciativa que pueda resultarles de alguna utilidad en el desarrollo de sus tareas docentes.

Este servicio de información para los docentes se complementa con el envío puntual de diversos materiales elaborados por la Fundación tales como unidades didácticas, guías, material divulgativo en soporte multimedia, etcétera, a todos los profesores que estén registrados.

Uno de los principales recursos que aporta el SIP a los docentes es la información sobre las actividades de FECYT, además de las que desarrollan las distintas Consejerías autonómicas de educación y los centros de profesores.

INFORMACIÓN ON LINE

En el apartado de “Comunidad educativa” del Departamento de Ciencia y Sociedad de la página [@ http://www.fecyt.es](http://www.fecyt.es)

SERVICIO DE INFORMACIÓN DE NOTICIAS CIENTÍFICAS

OBJETIVO

Proporcionar a la ciudadanía información sobre la actualidad científica mediante la distribución de noticias de ámbito científico tanto nacional como internacional.

El Servicio de Información y Noticias Científicas (SINC) es una plataforma multimedia de comunicación científica que se crea con el objetivo primordial de ofrecer un servicio actualizado de información y noticias

científicas de calidad con el propósito de acercar la ciencia a la ciudadanía.

La información va dirigida a los medios de comunicación, la comunidad científica y educativa, las empresas y el conjunto de los ciudadanos en general.



LOCALIZACIÓN

@ <http://plataformasinc.es>




RECURSOS DIDÁCTICOS
DE APOYO AL PROFESORADO

| Recursos didácticos de apoyo al profesorado en la enseñanza de la asignatura ‘Ciencias para el mundo contemporáneo’

La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) y el Instituto de Formación de Profesorado (ISFP) presentan este capítulo como un material complementario de ayuda al profesorado en la enseñanza de la asignatura *Ciencias para el mundo contemporáneo*.

En el mismo se presenta una relación de diversos recursos didácticos configurado a partir de la desinteresada colaboración de numerosas instituciones que han aportado información acerca de diferentes tipos de recursos divulgativos y didácticos que cada una de ellas oferta y considera que pueden ser útiles al profesorado en su actividad docente. El objetivo de esta relación es poner a disposición del profesorado el material que las instituciones científicas y divulgativas ofertan, optimizando así los recursos y potenciando su conocimiento público. A todas estas instituciones queremos agradecerle sinceramente el interés mostrado y su colaboración.

Pretendemos que esta relación que aquí se presenta sea un punto de partida para la elaboración de un repositorio de recursos didácticos de muy diferente tipo y procedencia que pueda facilitar y enriquecer la actividad docente del profesorado. Toda la información recopilada se alojará en la página web  <http://www.fecyt.es> que irá actualizando y ampliando de forma dinámica su contenido, con nuevas aportaciones por parte de toda aquella persona o institución que desee compartir la información. Dichas contribuciones se verán sin duda enriquecidas con la puesta en marcha de la asignatura y la andadura de los docentes en su puesta en práctica en el aula. El objetivo es que la página web sirva como plataforma de conocimiento e intercambio de información entre docentes y demás profesionales relacionados directa o indirectamente con la enseñanza de esta materia y con la divulgación científica.

ÍNDICE TEMÁTICO DE RECURSOS DIDÁCTICOS

El siguiente índice detalla las instituciones científicas y de divulgación que ofrecen diversos tipos de recursos y la relación de los mismos con los distintos bloques de contenidos recogidos en las enseñanzas mínimas de la asignatura *Ciencias para el mundo contemporáneo* especificados en el Real Decreto 1467/2007 de 2 de noviembre.

Cada uno de los números recogidos bajo el epígrafe “Bloque temático” se corresponde con la siguiente descripción:

1. Contenidos comunes: Reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
2. Nuestro lugar en el universo.
3. Vivir más, vivir mejor.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales.
6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.
7. Todos los bloques.

Nº DE RECURSO	INSTITUCIÓN/CENTRO	BLOQUE TEMÁTICO							PÁG
		1	2	3	4	5	6	7	
1	Agencia Estatal de Meteorología. Centro Meteorológico en Murcia	x			x				362
2	ARP-Sociedad para el Avance del Pensamiento Crítico	x	x	x			x		362
3	Asociación Amigos de la Tierra	x		x	x	x	x		363
4	Asociación Española Contra el Cáncer	x	x	x					363
5	Asociación Juvenil Grupo Universitario de Astronomía	x							364
6	Asociación para la Recuperación del Bosque Autóctono	x			x				364
7	Asociación Profesorado de Córdoba por la Cultura Científica	x							364
8	Biblioteca Nacional-Museo						x	x	365
9	Centro de Educación Ambiental de Granada				x				365
10	Centro de Investigación Cardiovascular (CSIC-ICCC)			x					365
11	Centro de Recursos Ambientales Chico Mendes							x	366
12	Centro de Supercomputación de Galicia	x				x	x		366
13	Ceutimagina							x	366
14	Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia							x	367
15	Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León		x	x					368
16	Consejería de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia							x	368
17	Consejería de Innovación e Industria-Dirección General de I+D+i. Xunta de Galicia.	x							369
18	Escuela Universitaria Politécnica de Mataró	x	x		x		x		369
19	Estación Biológica de Doñana-CSIC	x							370
20	Estación Experimental "La Mayora"-CSIC				x				370
21	Estación Experimental de la Fundación Cajamar			x	x	x			371
22	Ferias de Ciencia en Galicia							x	371
23	Fundación IBIT		x				x		371
24	Fundación Andrés de Ribera/Museos de la Atalaya/ Palacio del Tiempo y Misterio de Jerez							x	372
25	Fundación AZTI-Tecnalia							x	372
26	Fundación Caja Rioja	x			x				373
27	Fundación CETMAR (Centro Tecnológico del Mar)- Centro de Formación Aixola							x	373
28	Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis							x	374
29	Fundación Cueva de Nerja		x		x				375
30	Fundación Hospital de Madrid			x					375
31	Fundación Migres				x		x		376
32	Fundación Museo de la Ciencia de Valladolid							x	376
33	Fundación para el Desarrollo de las Nuevas Tecnologías del Hidrógeno en Aragón				x				377
34	Fundación Sotavento Galicia	x			x				377
35	Fundación Telefónica	x			x	x	x		377
36	IES Antonio de Mendoza. Jaén							x	377
37	IES J. Costa, de Cariñena. Zaragoza	x		x	x				378

Nº DE RECURSO	INSTITUCIÓN/CENTRO	BLOQUE TEMÁTICO							PÁG
		1	2	3	4	5	6	7	
74	Universidad de Gerona-Ayuntamiento de Palamós: Cátedra de Estudios Marítimos y Centro de Documentación de la Pesca y el Mar (Documare)							x	396
75	Universidad de Jaén-Grupo IDEA				x				396
76	Universidad de Málaga							x	397
77	Universidad de Navarra-Facultad de Ciencias							x	397
78	Universidad de Oviedo	x							398
79	Universidad de Sevilla-Facultad de Física	x	x						398
80	Universidad de Valencia: Cátedra de Divulgación de la Ciencia, Observatorio Astronómico		x					x	399
81	Universidad Nacional de Educación a Distancia							x	400
82	Universidad Politécnica de Cartagena: ETS Ingeniería Agronómica, ETS Ingeniería Industrial, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Civil	x		x	x	x			401
83	Universidad Politécnica de Madrid: ETS Ingenieros Agrónomos	x			x	x			402

RELACIÓN DE RECURSOS DIDÁCTICOS

1. AGENCIA ESTATAL DE METEOROLOGÍA. CENTRO METEOROLÓGICO EN MURCIA

Localización: <http://www.aemet.es>

Contacto: tel.usuariosmur@inm.es • Teléfono: 968 834 404

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: meteorología, climatología.

Tipo de recurso/s: visita al Centro Meteorológico con charla explicativa.

Descripción:

Las charlas de la visita tratan diferentes aspectos de la meteorología como ciencia y de los recursos tecnológicos de los que dispone (sensores, redes, satélites...).

Asimismo, durante las charlas, se comenta el tratamiento climatológico que reciben los datos, comentando brevemente los cambios del clima.

2. ARP-SOCIEDAD PARA EL AVANCE DEL PENSAMIENTO CRÍTICO

Localización: <http://www.arp-sapc.org/docentes/escolARP/index.html>

Contacto: arp@arp-sapc.org

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
2. Nuestro lugar en el universo.
3. Vivir más, vivir mejor.
6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.

Palabras clave: pensamiento crítico, pseudociencia, homeopatía, astronomía, evolución, astrología leyenda urbana.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, ficha, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

Varias propuestas de materiales para el aula:

- Orientadas a suscitar temas que estimulen el pensamiento crítico en los alumnos. Se tratan temas como: escalas del universo, qué es y qué no es darwinismo, la homeopatía, la llegada del hombre a la Luna...
- También se recomiendan películas de temática científica para provocar debates: Gattaca...
- Informaciones con base supuestamente científica que aparecen en Internet y propuesta de trabajo sobre su versimilitud. Son las siguientes:
 - ¿Quién lo iba a decir? La Luna y los nacimientos.
 - El albañil. Física e información en Internet.
 - Análisis de la validez de los horóscopos.
 - Carta astral personalizada.
 - Detengamos la plaga que se nos avecina: el DHMO (Dihidrogen Monoxide).
 - ¿Aburrido? ¿Quieres chatear con tu ordenador?

3. ASOCIACIÓN AMIGOS DE LA TIERRA

Localización: <http://www.amigosdaterra.net>; <http://www.ascorcerizas.com>

Contacto: tierra@tierra.org • Teléfono: 913 069 900/21

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
3. Vivir más, vivir mejor.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales.
6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.

Palabras clave: denuncia ambiental, agresión ambiental, legislación, bioconstrucción, energías renovables, depuración biológica, compostaje, consumo responsable, desarrollo sostenible, eficiencia, educación ambiental.

Tipo de recurso/s: publicación, centro de educación ambiental, talleres, visitas.

Descripción:

A lo largo de todo el año, Amigos da Terra desarrolla, dentro de su proyecto educativo, programas y actividades dirigidas a diferentes públicos: visitas por las instalaciones, actividades formativas, seminarios, rutas interpretativas por la montaña, campamentos y talleres ambientales.

La publicación *Instrumentos legales para la defensa del medio ambiente. Un manual práctico* es un pequeño manual cuyo contenido versa sobre las herramientas mínimas necesarias para hacer frente a una denuncia ambiental administrativa (nota: el manual está disponible en gallego).

También se llevan a cabo charlas para proporcionar al ciudadano de a pie los instrumentos y herramientas de defensa del medio ambiente, de manera que canalicen su conciencia sobre el medio ambiente y denuncien las agresiones ambientales que detecten.

El **Centro de Educación Ambiental As Corcerizas** presenta un proyecto educativo que desarrolla Amigos da Terra, y es una apuesta por una educación ambiental de calidad, no solamente por aportar información, sino también, y sobre todo, por proporcionar experiencias directas y personales que impliquen a los participantes en la complejidad y problemas del medio ambiente, y que se traduzcan en comportamientos y actitudes responsables para ser parte de su solución, en la búsqueda de una sociedad basada en los principios de la sostenibilidad. Es un recurso educativo en sí mismo al ser planificado y construido bajo criterios de bioconstrucción y arquitectura bioclimática.

4. ASOCIACIÓN ESPAÑOLA CONTRA EL CÁNCER

Localización: <http://www.todocancer.org>

Bloques de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
2. Nuestro lugar en el universo.
3. Vivir más, vivir mejor.

Palabras clave: hábitos de higiene y salud, prevención y avances tecnológicos.

Tipo de recurso/s: folleto y conferencia.

Descripción:

La Junta de Madrid de la Asociación Española Contra el Cáncer desarrolla conferencias, folletos informativos sobre hábitos alimenticios y salud, así como campañas antitabaco para escolares.

5. ASOCIACIÓN JUVENIL GRUPO UNIVERSITARIO DE ASTRONOMÍA

Localización: <http://www.syrma.net/>

Contacto: gua@uva.es

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

Palabras clave: astronomía, observaciones, universo, ciencia, divulgación.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

Disponen de material divulgativo, conferencias y talleres sobre astronomía. Organizan excursiones y observaciones con telescopios.

6. ASOCIACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DEL BOSQUE AUTÓCTONO

Localización: <http://www.arba-s.org>

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: bosque autóctono frente al cultivo forestal.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, ficha, itinerarios didácticos y excursiones. Biblioteca especializada en botánica, ecología, planificación del territorio y temas afines, vivero forestal y arboreto con plantas autóctonas.

Descripción:

La Asociación para la Recuperación del Bosque Autóctono difunde los valores de esta vegetación y sistemas asociados para la defensa de la biodiversidad, el medio ambiente, el ahorro y mejor uso de agua, la conservación y creación del suelo, etc., a través de cursos, publicaciones, excursiones, jornadas, trabajo de campo y en el aula.

7. ASOCIACIÓN PROFESORADO DE CÓRDOBA POR LA CULTURA CIENTÍFICA

Localización: <http://www.apccc.es>

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

Palabras clave: cultura científica, paseo por la ciencia, enseñanza de las ciencias.

Tipo de recurso/s: conferencia, ficha, itinerarios didácticos y excursiones, tertulias, paseo por la ciencia, artículos en prensa, etcétera.

Descripción:

La Asociación Profesorado de Córdoba por la Cultura Científica organiza actividades para divulgar la ciencia y pone a disposición del profesorado recursos didácticos con el fin de mejorar la formación docente.

8. BIBLIOTECA NACIONAL-MUSEO

Localización: <http://www.bne.es>

Contacto: museo@bne.es • Teléfono: 915 807 759

Bloque de contenido:

6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.
7. Todos los bloques.

Palabras clave: imprenta, digitalización, bibliotecas, historia del libro, difusión del conocimiento.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, conferencia, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

El Museo de la Biblioteca Nacional, por la interdisciplinariedad de las colecciones de la Biblioteca y, debido a su orientación didáctica, ofrece numerosos recursos educativos de todo tipo que, en el campo científico, se refieren fundamentalmente a la globalización del conocimiento.

9. CENTRO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL DE GRANADA

Localización: <http://www.ceagranada.org>

Contacto: info@ceagranada.org • Teléfono: 958 205 936

Bloque de contenido:

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: atmósfera, agua, residuos, clima, aves, energía.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, ficha, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

El Centro de Educación Ambiental de Granada dispone de un fondo documental sobre educación ambiental, además de contar con recursos técnicos y humanos para desarrollar programas, cursos, talleres, itinerarios y conferencias. Las áreas preferentes son el agua, los residuos, la contaminación atmosférica, el cambio climático, los huertos escolares, el ruido, las energías renovables y la protección de los animales.

10. CENTRO DE INVESTIGACIÓN CARDIOVASCULAR (CSIC-ICCC)

Localización: <http://www.csic-iccc.org>

Contacto: info@csic-iccc.org

Bloque de contenido:

3. Vivir más, vivir mejor.

Palabras clave: cardiovascular, arteriosclerosis, infarto, ictus, trombosis, tecnologías punteras.

Tipo de recurso/s: taller, visita, conferencia.

Descripción:

El Centro ofrece un ciclo de talleres para estudiantes de Bachillerato, dentro del proyecto ESCOLAB, con el objetivo de fomentar el interés de los alumnos por la investigación. En estas visitas, el ICCC muestra los campos de la investigación biomédica relacionados con el sistema cardiovascular y sus disfunciones y algunas de las tecnologías más punteras de las que dispone el Centro para facilitar el abordaje de estrategias en los estudios genéticos y moleculares (citometría de flujo, anatomía patológica, microscopía confocal y unidad de microdissección).

11. CENTRO DE RECURSOS AMBIENTALES CHICO MENDES

Localización: <http://www.rivas-vaciamadrid.org>

Contacto: chicomendesCRA@rivas-vaciamadrid.org • Teléfono: 916 602 790

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: desarrollo sostenible y educación ambiental.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, ficha, itinerarios didácticos y excursiones. Servicios ambientales como: comparte tu coche, biblioteca de consulta ambiental, huerto vecinal, xerojardín, exposiciones ambientales, voluntariado ambiental.

Descripción:

El centro alberga exposiciones y servicios ambientales. Asimismo, organiza actividades en torno a tres grandes programas:

- Programa de Apoyo a Centros Escolares, donde se realizan actividades de educación ambiental con colegios e institutos: más de 5.000 alumnos al año.
- Programa de Educación para la Ciudadanía: actividades de educación ambiental fuera del horario escolar, normalmente dirigida a adultos.
- Proyecto de Compostaje Doméstico: cerca de 800 vecinos transforman sus restos orgánicos en abono.

12. CENTRO DE SUPERCOMPUTACIÓN DE GALICIA

Localización: <http://www.cesga.es>

Contacto: info@cesga.es • Teléfono: 981 569 810

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales.
6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.

Palabras clave: simulación numérica, supercomputación, comunicaciones.

Tipo de recurso/s: publicación, itinerarios didácticos y excursiones, material didáctico en tecnologías de la información y la comunicación.

Descripción:

Material didáctico que incluye una descripción de la simulación numérica y sus aplicaciones en la vida cotidiana. Descripción de los supercomputadores más significativos del Centro y trabajos que estén realizando en ese momento. Las redes de banda ancha. Descripción, usos y usuarios de: Red de Ciencia y Tecnología de Galicia, RedIRIS y GEANT.

13. CEUTIMAGINA

Localización: <http://www.ceutimagina.es>

Contacto: Teléfono: 868 923 132

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: interactividad, dinamismo, variedad.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones, exposiciones.

Descripción:

Ceutimagina es un espacio para las artes y las ciencias que acoge exposiciones didácticas e interactivas de diversas temáticas. Su programación varía cada cuatro o cinco meses, de forma que ningún espacio es permanente. Por ello siempre se puede encontrar una exposición o un taller sobre alguno de los temas relacionados.

14. CIUDAD DE LAS ARTES Y LAS CIENCIAS DE VALENCIA

Localización: <http://www.cac.es/didactica/>

Contacto: Teléfono: 902 100 031

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: ciencia, divulgación, educación, interacción, observar, experimentar, aprender, deducir, prohibido no tocar, educación ambiental, comprensión, divergencia, física, química, ecología, astronomía, genética, medio ambiente, mares, océanos, conservación, acuarios.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, ficha, itinerarios didácticos y excursiones, complejo cultural dedicado a las ciencias (museo interactivo, planetario, sala de proyecciones, acuario).

Descripción:

La Ciudad de las Artes y las Ciencias de Valencia es un complejo cultural dedicado fundamentalmente a las ciencias. Consta de varios centros tematizados, dedicados cada uno de ellos a aspectos científico-culturales, con objetivos divulgativos.

La Ciudad de las Artes y las Ciencias está compuesta por:

- El Museo de las Ciencias Príncipe Felipe.
- L'Hemisfèric.
- El Oceanográfico.
- Palau de les Arts Reina Sofía.
- El Umbracle.

Todos los centros que componen la Ciudad de las artes y las ciencias de Valencia realizan:

- Publicaciones propias, desde planisferios celestes, catálogos de exposiciones, guías didácticas, calendarios con contenido científico e histórico...
- Un número importante de publicaciones de temas científicos de interés actual, que van desde la vida y obra de premios Nobel, hasta temas de astronomía, ciencia en general y otros temas de interés social, en muy diferentes formatos: libros, CD, DVD, formatos digitales...
- Ciclos de actividades temáticas accesibles a público escolar y general, acerca de temas de ciencia muy variados, desde el medio ambiente a la conservación del mundo marino, cambio climático, astronomía... A dichas actividades suelen invitarse como ponentes a destacados científicos de cada uno de los campos.
- Cursos acerca de determinados temas científicos de interés cultural y social.
- Ciclos de conferencias temáticas dirigidas a universitarios, profesores, alumnos de distintos niveles o público en general.
- Diversos concursos, destinados especialmente a público escolar y con temática científico-cultural.

El Museo de las Ciencias Príncipe Felipe, como museo de ciencias interactivo, no sólo dispone de exposiciones, sino que basa su contenido en una amplia gama de temáticas y actividades, que surgen de forma muy diferente en su oferta divulgativa.

El Museo de las Ciencias Príncipe Felipe dispone de:

- Exposiciones interactivas sobre muy diferentes temáticas, desde la genética hasta la física.
- Exposiciones clásicas acerca de diversos temas de ciencia con importantes legados, como el de Severo Ochoa.
- Talleres y demostraciones científicas sobre aspectos muy variados de la física, la química.
- Talleres acerca de temas científicos de interés social, como los medios de comunicación.
- Talleres de dinamización de las exposiciones, especializados y prácticos para el público en general.
- Diferentes actividades de muy variadas temáticas, como planetarios, aulas-taller y actividades de animación científica, exposiciones especialmente dedicadas a público infantil...
- Concentra toda la actividad astronómica de la Ciudad de las Artes y las Ciencias (planetario, observaciones, conferencias, cursos...).

En **L'Hemisfèric** se emiten diversas películas fundamentalmente de temática científica y cultural. Se puede asistir a:

- Proyecciones IMAX.
- Proyecciones digitales.
- Exposiciones fundamentalmente de astronomía.

En el **Oceanográfico** se puede visitar o asistir a:

- Acuarios tematizados por mares, con más de 42 millones de litros de agua salada.
- Actividades como las aulas taller, destinadas a los diferentes niveles educativos y con muy variados contenidos y sesiones, todas basadas en ciencias del mar y con un importante contenido medioambiental.
- Exposiciones acerca de la biodiversidad marina, los diferentes ecosistemas y organismo, ciencias medioambientales...
- Escuelas de Pascua y de verano, con contenidos científicos, destinadas a público escolar.

15. CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN DE LA JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN

Localización: http://www.educacyl.es/educacyl/cm/educacyl/tkContent?pgseed=1210577251213&idContent=19272&locale=es_ES&textOnly=false

Bloque de contenido:

2. Nuestro lugar en el universo.
3. Vivir más, vivir mejor.

Palabras clave: guía alimentaria, menús saludables, yacimientos, Atapuerca, evolución humana.

Tipo de recurso/s: publicaciones.

Descripción:

Portal de educación con información para la comunidad educativa. Publicaciones disponibles:

- *Guía alimentaria para los comedores escolares de Castilla y León*. Proporciona información científica sobre alimentación y nutrición de forma clara y sencilla, estimulando la práctica de una alimentación saludable. Facilita a los escolares y a las personas responsables del comedor la selección de una dieta adecuada. A su vez, reseña las bases del tratamiento dietético de las patologías crónicas más frecuentes y las formas de adaptar los menús escolares a las mismas.
- *Menús saludables para los escolares de Castilla y León*. Recoge menús nutricionalmente equilibrados que sirven de orientación para dirigir la educación de los hábitos nutricionales de los escolares. Se incluyen adaptaciones correspondientes a las patologías crónicas más frecuentes (enfermedad celiaca, alergia a proteínas, vacunas, alergia al huevo, alergia al pescado y alergia a la legumbre).
- *Yacimientos de Atapuerca y la evolución humana*. Recoge materiales complementarios que, diseñados desde la perspectiva de diferentes disciplinas (Ciencias de la Naturaleza, Geografía, Historia y Filosofía), pretenden contribuir a mejorar el conocimiento de estos descubrimientos, así como la comprensión del origen y desarrollo evolutivo de la humanidad.

16. CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE. XUNTA DE GALICIA

Localización: <http://www.climantica.org>

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: clima, cambio climático, agua, ecosistemas, residuos, biodiversidad.

Tipo de recurso/s: publicaciones, taller, curso, conferencia, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones, congreso.

Descripción:

Proyecto que aborda todas las problemáticas ambientales (CC, energía, residuos, agua, biodiversidad, territorio, medio rural y medio urbano) con un amplio desarrollo en estrategias TIC (edublogs y eduforos).

Entre las publicaciones y audiovisuales pueden señalarse:

- Unidad didáctica: "¿Cambia el clima?".
- *Climayocambio*, libro interdisciplinar elaborado en colaboración con MeteoGalicia con el hilo conductor de los elementos del clima y el cambio climático.
- Audiovisual: documental *Cambio climático: el reto del siglo XXI*. Elaboración de un videojuego.

Asimismo, están disponibles o se organizan:

- Talleres.
- Cursos de formación de profesores.
- Conferencias.
- Fichas para dinámicas de grupos de exploración de ideas previas y consecuencias del cambio climático.
- Itinerarios didácticos y excursiones.

17. CONSELLERÍA DE INNOVACIÓN E INDUSTRIA-DIRECCIÓN GENERAL DE I+D+I. XUNTA DE GALICIA

Localización: <http://www.conselloriaiei.org/dxidi> (no disponible por el momento)

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

Palabras clave: mujer, ciencia, investigación, desarrollo tecnológico, nanotecnología.

Tipo de recurso/s: taller, audiovisuales.

Descripción:

Entre los audiovisuales disponibles cabe destacar:

- Mulleres á cabeza: traducción al gallego de la película documental Femmes de tête coproducido por la Comisión Europea y el canal franco-alemán Arte, entre otros. Este documento recoge el testimonio de matemáticas, físicas, biólogas, astrofísicas y otras científicas europeas de alto nivel.
- “Objetivo Innovar” es una serie de microespacios audiovisuales sobre empresas gallegas que hacen investigación aplicada y desarrollo tecnológico.
- Vídeo que recoge el I Taller de Teatro Científico, la primera experiencia de formación en el ámbito del teatro científico en Galicia, promovida por la Dirección Xeral de I+D+i en el marco del Programa de Comunicación y Sensibilización Social del Plan Galego de I+D+i, celebrado del 11 al 15 de junio de 2007 en Santiago de Compostela.

18. ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA DE MATARÓ

Localización: <http://www.eupmt.cat/linnk>

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

2. Nuestro lugar en el universo.

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.

Palabras clave: animación 3D, nuevas tecnologías.

Tipo de recurso/s: taller, conferencia.

Descripción:

El programa Linnk de actividades universidad-escuelas ofrece la posibilidad a los estudiantes de Bachillerato de realizar talleres en los laboratorios de la Escuela Universitaria Politécnica de Mataró o de asistir a charlas y conferencias, impartidas por los profesores de la escuela.

Los siguientes talleres y conferencias (disponibles en catalán) son ejemplos de las actividades que se ofrecen:

- Talleres: Animación 3D por ordenador; Cerca d'informació a internet; Hi ha vida més enllà del google?; Eines de comunicació; Enregistrament i edició de vídeo; Fotografia digital; La multimèdia i les seves aplicacions; La web personal; Legalitat informàtica; Posicionament i orientació utilitzant gps.
- Conferencias: Acústica; Aplicacions de la telefonia mòbil i els satèl·lits a la localització de persones i coses; Audiovisuals; Einstein i el seu temps; Energies alternatives; Forats negres; Navegació espacial; Nosaltres i l'univers; Telefonia mòbil: d'on venim?; On anem.

19. ESTACIÓN BIOLÓGICA DE DOÑANA-CSIC

Localización: <http://www.ebd.csic.es> ; <http://www.publicaciones.csic.es> ; <http://www.guadamar.es> ; <http://www.cuadernosdecampo.org> ; <http://www.cuadernosdedoñana.org>

Contacto: divulgacion@ebd.csic.es

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

Palabras clave: educación medioambiental, Guadamar, Aznalcóllar, minería, Faja Pirítica Ibérica, metales pesados, aguas ácidas, Boliden, Apirsa, Doñana, Picover, Secover, biodiversidad, ecosistemas.

Tipo de recurso/s: publicación: libro y guías, sitio web.

Descripción:

Publicaciones realizadas con motivo de la exposición “*Guadamar, ciencia, técnica y restauración*” (Sevilla, febrero-junio 2008).

- Garrido, H. (coord.) (2008): *Guadamar, ciencia, técnica y restauración. El accidente minero diez años después*. Serie Divulgación nº 8. Madrid: CSIC: 216 pp. Se hace una revisión de las actuaciones llevadas a cabo para la limpieza y restauración del río que culmina con la creación del Paisaje Protegido Corredor Verde del Guadamar, todo ello gracias a la coordinación de científicos, técnicos y políticos. Se intenta demostrar el potencial científico y tecnológico de un país como el nuestro, imprescindible en momentos de crisis como la que se vivió hace diez años.
- Garrido Guil, S. y Palma Jiménez, J. M. (coords.) (2008): *Guadamar, ciencia, técnica y restauración. Guía de Interpretación. Cuaderno del Alumno*. Sevilla: Cajazol Fundación. Estación Biológica de Doñana (CSIC): 65 pp. Contiene actividades para comprender y reflexionar sobre los contenidos de la exposición. Se divide en dos niveles: Primaria (6-11 años) y ESO (12-16 años).
- Garrido Guil, S.; Palma Jiménez, J. M. (coords.) (2008): *Guadamar, ciencia, técnica y restauración. Guía de Interpretación. Cuaderno del Profesor*. Sevilla: Cajazol Fundación. Estación Biológica de Doñana (CSIC): 87 pp. Solucionario de las actividades propuestas en el Cuaderno del Alumno para comprender y reflexionar sobre los contenidos de la exposición. Se divide en dos niveles: Primaria (6-11 años) y ESO (12-16 años). Tiene una parte dedicada a preguntas frecuentes de la exposición.
- Garrido, H. (coord.) (2007): *Doñana, diversidad y ciencia*. Serie Divulgación nº 5. Madrid: CSIC: 120 pp. Paseo conceptual por el espacio natural de Doñana. En este recorrido se descubre el carácter distintivo de algunos de los parajes de la reserva, sus matices más interesantes, sus transformaciones en las últimas décadas y la influencia de la presencia humana en el ecosistema de la Reserva Biológica de Doñana.
- “Cuadernos de Campo de Doñana” es un sitio web que ofrece una visión temática de Doñana a través del día a día de los técnicos y de las actividades científicas y de gestión de la Estación Biológica de Doñana. La web permite plasmar una enorme cantidad de información: vídeos, fotos, *webcams* en directo y anécdotas para los no iniciados.

20. ESTACIÓN EXPERIMENTAL “LA MAYORA”-CSIC

Localización: <http://www.eelm.csic.es>

Contacto: bibmayora@celm.csic.es

Bloque de contenido:

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: recursos genéticos, control integrado de plagas y enfermedades, resistencias.

Tipo de recurso/s: itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

En la Estación Experimental “La Mayora” se realizan trabajos relacionados con la gestión racional de los recursos genéticos disponibles en especies de interés agrícola (hortícola y frutales subtropicales). Asimismo, se realizan investigaciones para el desarrollo de estrategias sostenibles de control de enfermedades y plagas (control integrado, desarrollo de resistencia genética, control biológico). Las visitas guiadas a la estación permiten conocer el trabajo que se realiza.

21. ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE LA FUNDACIÓN CAJAMAR

Localización: <http://www.fundacioncajamar.com/>; <http://www.fundacioncajamar.es/estacion/agrdatos/default.htm>

Contacto: estacion@fundacioncajamar.com • Teléfono: 950 580 548

Bloque de contenido:

3. Vivir más, vivir mejor.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales

Palabras clave: energía, plástico, invernadero, lucha biológica, agua de riego, CO₂, producción integrada, producción ecológica, fruticultura, energías alternativas y desarrollo sostenible.

Tipo de recurso/s: publicación, conferencia, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones, software específico, información meteorológica.

Descripción:

En la Estación Experimental se trabaja en el uso racional del agua en la agricultura en estructuras de invernadero y control de clima, en plásticos y en el uso de las energías alternativas en el medio rural. El cultivo de microalgas, la lucha biológica, la producción ecológica y la producción de plantas no alimentarias son también actividades en las que está involucrada la Estación Experimental actualmente. Los resultados de estas investigaciones se reflejan en publicaciones, trabajos de investigación y registros meteorológicos disponibles para los interesados.

22. FERIAS DE CIENCIA EN GALICIA

Localización: <http://feirasdeciencia.wikispaces.com>

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: ferias de ciencia.

Tipo de recurso/s: información diversa.

Descripción:

La plataforma contiene una base de datos sobre ferias de ciencia en centros educativos y actividades relacionadas. Incluye historia, relación de trabajos, aspectos a contemplar, etc. En gallego. En elaboración la versión en español e inglés.

23. FUNDACIÓN IBIT

Localización: <http://itineraris.balearsfaciencia.org>

Bloque de contenido:

2. Nuestro lugar en el universo.
6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.

Palabras clave: sociedad del conocimiento, web 2.0, turismo sostenible.

Tipo de recurso/s: itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

La actividad consiste en introducir propuestas de itinerarios, rutas o visitas de interés científico o cultural en las que los autores tienen que incluir una fotografía propia y una breve explicación de ésta. Las imágenes, además de estar localizadas sobre un mapa, están relacionadas con las sensaciones que provocan y también incluyen recomendaciones de lugares de interés turístico cerca de aquella ruta. Esta actividad va en sintonía con el desarrollo de la web 2.0 a partir de la participación y del compartir conocimientos de los propios usuarios, se va construyendo un repositorio de información y conocimiento sobre las islas Baleares que puede utilizarse también como información turística y cultural a partir de las recomendaciones y puntuaciones.

24. FUNDACIÓN ANDRÉS DE RIBERA/MUSEOS DE LA ATALAYA/ PALACIO DEL TIEMPO Y MISTERIO DE JEREZ

Localización: <http://www.elmisteriodejerez.org>; <http://www.rutadeljerezybrandy.es>

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: vino.

Tipo de recurso/s: publicación, curso, conferencia, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

La Fundación cuenta con dos museos:

- El Misterio de Jerez-Museo del Vino, siendo este último la actual sede de la Asociación de Rutas del Vino y Brandy del Marco de Jerez. El vino en la cultura, el vino en la historia, vino y salud, cultura gastronómica del vino: catas y maridajes...
- Palacio del Tiempo (Museo de Relojes): guía didáctica y reloj de sol recortable para su elaboración.

25. FUNDACIÓN AZTI-TECNALIA

Localización: <http://www.azti.es>

Contacto: Teléfono: 946 029 400

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: innovación, desarrollo, seguridad, tecnologías, alimentos, pesca, acuicultura, oceanografía, alimentación, sostenible, golfo de Bizkaia, biodiversidad, meteorología, ciencia y gastronomía, investigación alimentaria.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, ficha, boletines informativos (sobre las tecnologías aplicadas al sector de la alimentación); predicciones meteorológicas y oceanográficas del golfo de Bizkaia; tablas de mareas; software para la gestión del medio marino y la industria alimentaria; postres científicos.

Descripción:

AZTI da a conocer los resultados de sus actividades como centro tecnológico experto en investigación alimentaria y marina a través de diferentes medios y actuaciones: publicaciones divulgativas, pósteres científicos, producción científica, catálogo de libros y convocatoria de becas de formación.

La temática gira en torno a: seguridad alimentaria, nuevos alimentos y nuevas tecnologías alimentarias, gestión integral de la zona costera, sistemas de oceanografía operacional, gestión pesquera responsable y competitiva, tecnología pesquera, marina y acuícola.

26. FUNDACIÓN CAJA RIOJA

Localización: <http://www.fundacion-cajarioja.es>

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: ciencia, tecnología, divulgación, planeta tierra, cine científico.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, conferencia, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones, exposiciones, premios.

Descripción:

Divulgaciencia es un programa de difusión de la ciencia y la tecnología. Su ámbito de actuación es la Comunidad Autónoma de La Rioja. Su público objetivo, los escolares de Educación Secundaria Obligatoria, Bachiller y de ciclos formativos, pero también la sociedad riojana en general. Divulgaciencia se compone de gran variedad de acciones de contenido científico y tecnológico. Cabe destacar: exposiciones de contenido científico y tecnológico, conferencias de analistas de la ciencia y la tecnología de nuestro país, así como de científicos de primer orden, proyecciones cinematográficas de contenido científico y tecnológico, talleres científicos y trabajo de campo en temas científicos, viajes de estudio a lugares donde se encuentra la ciencia en su estado puro y vivo.

27. FUNDACIÓN CETMAR (CENTRO TECNOLÓGICO DEL MAR)-CENTRO DE FORMACIÓN AIXOLA

Localización: <http://www.cetmar.org>; <http://www.galiciaeascienciasdomar.org>; <http://www.cetmar.org/aixola>

Contacto: Teléfono: 986 247 047 / 986 838 033

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: científico, mar, reunión de ideas, tecnologías, oficios, materiales.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, concurso de experimentos, itinerarios didácticos y excursiones, visita.

Descripción:

Concurso de experimentos científicos relacionados con el medio marino para estudiantes de Primaria y Secundaria. Para animar a participar al alumnado, los centros educativos de Galicia pueden solicitar la visita de un equipo de actores caracterizados a modo de científicos, que explicarán el concurso y realizarán un sencillo experimento de forma muy divertida.

La web incluye un apartado de MATERIAL donde se reseñan los principales recursos didácticos relacionados con la divulgación de las ciencias del mar (libros, webs, experimentos...).

Visita al **Centro Formación "A Aixola"** distribuida, en una hora:

- Taller de carpintería: explicación de cómo se construye con técnicas tradicionales y con las nuevas técnicas.
- Taller de neumáticas: explicación de lo que son las embarcaciones neumáticas y su empleo hoy en día; trajes de neopreno, boyas y balizas.
- Taller de poliéster reforzado en fibra de vidrio: qué es el poliéster, qué podemos construir con él.
- Taller de velería: modelos tradicionales y de competición.
- Taller de redes y aparejos: distintas especies pesqueras conllevan a distintos tipos de artes y aparejos.

Durante la visita, y de modo transversal, se explica la importancia de la prevención de riesgos en los talleres y las medidas de seguridad.

28. FUNDACIÓN CONJUNTO PALEONTOLÓGICO DE TERUEL-DINÓPOLIS

Localización: <http://www.fundaciondinopolis.org>

Contacto: fundapolis@fundaciondinopolis.org • Teléfono: 978 617 630

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: historia de la vida, paleontología, dinosaurios, ciencias de la Tierra, *Turiasaurus*, excavación paleontológica, geología, Dinópolis, patrimonio paleontológico, difusión.

Tipo de recurso/s: publicación, curso, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones, taller, Semana de la Ciencia.

Descripción:

- **Publicación:** "Serie de difusión paleontológica ¡fundamental". Serie de publicaciones de difusión paleontológica dirigida a público de tres niveles: infantil, general y avanzado. Hasta ahora se han editado doce números con temáticas paleontológicas diferentes y diversas: 1. El apasionante mundo de la paleontología; 2. Dinosaurios de Teruel; 3. Evolución humana en el valle del río Omo; 4. Teoría del Homosaurus; 5. El gigante europeo: excavando un dinosaurio; 6. XVI Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural; 7. Tejidos; 8. Modalidades de ornamentación en bivalvos; 9. Los huesos gastrales de los terópodos: insuflando vida a los dinosaurios; 10. Laboratorio Paleontológico; 11. Teruel: territorio paleontológico; 12. Aligerando a los gigantes.
- **Cursos:**
 - Geódromo: es un encuentro anual de ciencias de la Tierra, organizado conjuntamente por la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis y el Centro de Profesores y Recursos de Teruel. Constituye una experiencia mixta de actividades dirigidas al alumnado y profesorado. Para los primeros se preparan concursos, talleres y excursiones y para el profesorado se convocan presentaciones de temas de actualidad impartidas por especialistas (generalmente en el mes de marzo).
 - Teruel: territorio paleontológico: curso de paleontología y desarrollo que pretende difundir las diferentes actividades de este proyecto paleontológico peculiar que se está desarrollando en Teruel desde diferentes aspectos: investigación, conservación y comunicación social de la ciencia, por lo que incluye unas jornadas, principalmente de campo, combinándolas con la comunicación social de la ciencia a través de los centros de Dinópolis.
- **Audiovisual:** *El gigante europeo: excavando un dinosaurio*. Audiovisual de 15 minutos sobre las excavaciones en Riodeva (Teruel) del dinosaurio más grande de Europa: *Turiasaurus riodevensis*. Forma parte de una de las publicaciones de la serie ¡Fundamental!
- **Itinerarios didácticos y excursiones:** Geología: consiste en un informal paseo dominical anual dirigido a todos los públicos y guiado por especialistas para poner en contacto a quienes tengan la curiosidad de ver nuestro entorno con ojos de geólogo con aquellos que tiene la capacidad de interpretarlo y el interés por transmitirlo. Se realiza en colaboración con el Instituto de Estudios Turolenses. Generalmente el primer fin de semana de julio.
- **Taller:** "Excava un dinosaurio en Dinópolis, un museo diferente". En un yacimiento al aire libre, reproducido a partir de huesos reales de un dinosaurio gigante de Teruel. Los visitantes de Dinópolis podrán conocer por qué es importante identificar cómo están dispuestos los huesos de los dinosaurios en los sedimentos. Los paleontólogos se lo explicarán mediante esquemas sencillos y, a continuación, cada participante dibujará los elementos dispuestos en la cuadrícula que le corresponda, una vez los haya limpiado adecuadamente. Cuando finalicen, se colocarán todos los esquemas juntos y los paleontólogos propondrán interpretaciones para descifrar las circunstancias que pudieron originar un yacimiento como éste.
- **Semana de la Ciencia:** Semana de la Ciencia 2008. Durante el mes de noviembre de 2008 la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis realizará diferentes actividades relacionadas con la difusión de la Paleontología.

29. FUNDACIÓN CUEVA DE NERJA

Localización: <http://www.cuevanerja.com> (en el apartado: “La cueva científica” y “Las visitas”)

Contacto: admon@cuevanerja.com • Teléfono: 952 529 520

Bloque de contenido:

2. Nuestro lugar en el universo.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: Centro de Interpretación, vivir la Prehistoria, Semana de la Ciencia, visita guiada, cueva de Nerja.

Tipo de recurso/s: publicación, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones, centro de interpretación y recursos humanos (investigadores que se encargan de impartir las actividades de difusión)

Descripción:

El Centro de Interpretación, de acceso gratuito a los visitantes, se distribuye en salas temáticas sobre aspectos geológicos, arqueológicos, biológicos e institucionales relacionados con la cueva de Nerja y dispone también de una sala donde se ofrece un audiovisual sobre la cavidad. Tanto en el Centro de Interpretación como en la entrada a la cueva se ofertan folletos informativos. Además, el Instituto de Investigación Cueva de Nerja oferta tres actividades divulgativas, destinada a estudiantes:

- “Vivir la Prehistoria”, que consiste en una visita guiada al Centro de Interpretación y a la cueva.
- “Conoce el mundo subterráneo: la cueva de Nerja”, que consiste en una visita guiada al Centro de Interpretación, a las instalaciones científicas de la Fundación y a la cavidad (Semana de la Ciencia).
- “Estalactitas, estalagmitas y otros espeleotemas en la cueva de Nerja”, que consta de un paseo guiado por el interior de la cueva para reconocer las distintas formaciones que adornan la cavidad (Semana de la Ciencia).

Al término de estas tres actividades, que requieren inscripción previa, se ofrece a los participantes una guía con los aspectos más destacados de las mismas.

30. FUNDACIÓN HOSPITAL DE MADRID

Localización: <http://www.hospitaldemadrid.com>

Contacto: secretaria@fundacionhm.com • Teléfono: 912 675 004

Bloque de contenido:

3. Vivir más, vivir mejor.

Palabras clave: medicina traslacional, educación sanitaria, salud.

Tipo de recurso/s: publicaciones.

Descripción:

La Fundación Hospital de Madrid edita una serie de publicaciones de divulgación en Ciencias de la Salud, entre las que cabe destacar el periódico *Tu Salud*, con el objetivo de fomentar la educación sanitaria dirigida a la preservación de la salud y la detección temprana de enfermedades.

31. FUNDACIÓN MIGRES

Localización: <http://www.fundacionmigres.org/>

Contacto: eduambiental@fundacionmigres.org

Bloque de contenido:

- 4. Hacia una gestión sostenible del planeta.
- 6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.

Palabras clave: aves, migración, estrecho de Gibraltar, biología y ecología de las especies.

Tipo de recurso/s: publicación.

Descripción:

Los materiales editados son un compendio para dar a conocer el fenómeno migratorio de las aves en el estrecho de Gibraltar. Se muestran los valores naturales de este hecho y cómo estudiarlos e investigarlos. Fomentan que el alumno adquiera una conciencia investigadora para conocer más acerca de este fenómeno ecológico.

32. FUNDACIÓN MUSEO DE LA CIENCIA DE VALLADOLID

Localización: <http://www.museocienciavalladolid.es>

Contacto: Teléfono: 983 144 300

Bloque de contenido:

- 7. Todos los bloques.

Palabras clave: didáctica, ciencia, divulgación

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, ficha, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

A lo largo de su programación anual, los contenidos que se abordan en el Museo, tanto en las exposiciones como en las actividades educativas, son relativos a cualquier campo de la ciencia. En el apartado de "Educación de la web" existe la opción de descargarse cuadernos pedagógicos, guías explicativas, publicaciones y otros recursos didácticos que servirán como material de apoyo al profesor.

33. FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO EN ARAGÓN

Localización: <http://www.hidrogenoaragon.org>

Contacto: info@hidrogenoaragon.org • Teléfono: 974 215 258

Bloque de contenido:

- 4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: Hidrógeno, pilas de combustible.

Tipo de recurso/s: publicación.

Descripción:

El "Plan Director del Hidrógeno en Aragón" recoge una serie de proyectos y líneas de investigación en materia de hidrógeno y pilas de combustible cuyo desarrollo es viable. El Plan presenta la información conforme a las seis áreas diferenciadas que cubren toda la cadena del hidrógeno: generación con energías renovables y con otras energías; almacenamiento, logística y distribución; pilas de combustible; aplicaciones en automoción e impacto socioeconómico. En la página web se puede descargar información relacionada.

34. FUNDACIÓN SOTAVENTO GALICIA

Localización: <http://www.sotaventogalicia.com>

Contacto: info.divulgacion@sotaventogalicia.com • Teléfono: 981 441 020

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: energías renovables, energía eólica, ahorro y eficiencia energética, H2, bioclimática.

Tipo de recurso/s: itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

Recorrido a través de las energías renovables, el ahorro energético y las novedades tecnológicas que posibilitarán un desarrollo sostenible de nuestro planeta. Más de 1.000 m² destinados a contenidos didácticos relacionados con el cambio climático, las energías renovables, no renovables, el H², la eficiencia energética etc., con una aproximación basada en instalaciones reales y proyectos de I+D+i.

35. FUNDACIÓN TELEFÓNICA

Localización: <http://www.educared.net>

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales.
6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.

Palabras clave: ciclos formativos, TIC.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, ficha, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

el portal EducaRed ofrece a la comunidad educativa páginas de contenidos curriculares y no curriculares, actividades, certámenes e información de todo tipo relativa a la educación desde la escuela infantil a los ciclos formativos de grado medio, pasando por Primaria, ESO y Bachillerato. EducaRed pone a disposición de los usuarios contenidos y herramientas de última generación con el fin de convertir Internet y las tecnologías de la información y la comunicación en un medio de innovación pedagógica.

36. IES ANTONIO DE MENDOZA. JAÉN

Localización: <http://iesantoniodemendoza.org/pasaje.html>

Contacto: pasaje@iesantoniodemendoza.org

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: divulgación científica, Pasaje a la Ciencia, Alcalá la Real.

Tipo de recurso/s: publicación.

Descripción:

El IES Antonio de Mendoza edita la revista de divulgación científica *Pasaje a la Ciencia*. Los últimos números han estado dedicados a la conmemoración de la teoría de la relatividad, Mozart visto desde la ciencia, el centenario del Nobel de Cajal, etc. El último volumen se ha dedicado monográficamente a la ciencia en nuestra localidad, Alcalá la Real.

La revista reúne colaboraciones de los alumnos del Instituto junto a las de personalidades dedicadas a la investigación científica.

37. IES J. COSTA, DE CARIÑENA. ZARAGOZA

Localización: <http://fq.cebollada.net/cts/trasvase.htm>; <http://fq.cebollada.net/cts/genetica.htm>

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
3. Vivir más, vivir mejor.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: agua, mar de Aral, catástrofe medioambiental, sequía, trasvase, Ebro, genética, medicina, diabetes, selección embriones, futuro.

Tipo de recurso/s: lecturas, propuestas de páginas web, actividad para el aula para la discusión, publicación.

Descripción:

- Análisis de la catástrofe del mar de Aral como ejemplo de gestión errónea de los recursos hídricos y algunas informaciones y actividades para comprender la propuesta del trasvase del Ebro —derogado— y los argumentos técnicos en los que se puede apoyar la postura a favor o en contra.
- Actividades para el debate.
- Guía de visionado de la película *Gattaca* y actividades para su posterior debate.
- Lectura del epílogo del libro *Vuelta al Edén*, de Lee M. Silver y preguntas para el diálogo.
- *Webquest* sobre la diabetes mellitus.

38. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS DE VIGO-DIVULGAMAR, ÁREA DE CULTURA CIENTÍFICA-CSIC

Localización: <http://www.csic.es/>

Contacto: divulga@csic.es

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: investigación oceanográfica, gestión de recursos pesqueros, cambio climático, Ciencias de la Tierra.

Tipo de recurso/s: publicación.

Descripción:

Material didáctico de la actividad "Ciencia en el puerto" desarrollada en el buque oceanográfico Sarmiento de Gamboa, consistente en una carpeta con nueve paneles científicos para utilizar como material de apoyo en el aula.

Las áreas temáticas de los paneles son: paneles 1-3: "Resolviendo el puzzle del cambio climático"; paneles 4-6: "Recursos marinos renovables: productividad, variabilidad y ecosistemas"; paneles 7-9: "Investigación en geociencias marinas". Nivel: Bachillerato.

39. INSTITUTO CATALÁN DE ONCOLOGÍA

Localización: <http://www.iconcologia.net>; <http://www.e-oncologia.org>

Contacto: comunicacio@iconcologia.net

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

Palabras clave: *e-learning*, investigación, cáncer, medicina, genética, virtual.

Tipo de recurso/s: curso, itinerarios didácticos, visitas guiadas.

Descripción:

- **Curso *on-line* para profesores de ciencias de Secundaria.** Se trata de un curso de *e-learning* de 10 horas de duración en modalidad de autoaprendizaje, es decir, sin una tutorización activa, aunque existirá un responsable de la plataforma. En el curso se repasa qué es un tumor, causas y prevalencia, y cómo se investiga para combatir la enfermedad (técnicas, modelos celulares, animales...).
- **Visita guiada a alumnos de Secundaria.** Se trata de una visita guiada de tres horas por algunas de las instalaciones dedicadas a la investigación del Instituto Catalán de Oncología (laboratorio, estabulario...). En la actividad se explica qué es el cáncer, sus causas y prevalencia y cómo se investiga para combatirlo. La actividad tiene un fuerte componente participativo por parte de los estudiantes y de contacto directo con los profesionales que llevan a cabo la investigación.

40. INSTITUTO DE ASTROFÍSICA DE CANARIAS

Localización: <http://www.iac.es> y específicos en la descripción de cada recurso

Contacto: secgab@iac.es; gabinete.bia@iac.es; gabinete.peter@iac.es

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: astronomía, contaminación lumínica, banco de imágenes, método científico, telescopio robótico.

Tipo de recurso/s: audiovisual, banco de imágenes astronómicas, boletín digital, proyecto educativo con recursos para el aula (charlas, actividades, etc.), publicación, conferencia, ficha, charlas power point, curso, talleres on-line para centros de profesores, IES y museos.

Descripción:

- En la página web <http://www.iac.es/divulgacion.php?op1=19&op2=58> se podrán encontrar audiovisuales relacionados con la astronomía y áreas afines, sobre el Gran Telescopio Canarias (GTC), la contaminación lumínica, la relatividad, etcétera.
- El Banco de Imágenes Astronómicas (BIA) del Instituto de Astrofísica de Canarias (<http://www.iac.es/BIA>; <http://www.iac.es/catimage/images/>) nace con el propósito de ser una página útil para escolares, medios de comunicación, aficionados a la astronomía, científicos y el público en general, donde pueden encontrarse una amplia gama de imágenes del universo. Además, se incluyen fotografías de telescopios e ilustraciones, animaciones y vídeos relacionados con la Astronomía.
- *Caosyciencia.com* es una revista digital (<http://www.caosyciencia.com>) que pretende, con rigor y amenidad, estimular la imaginación a través de temas relacionados con la astronomía y áreas afines.
- El boletín informativo <http://www.gtcdigital.net> versa sobre el proceso de construcción del Gran Telescopio Canarias (GTC), uno de los telescopios más grandes del planeta. Este proyecto divulgativo incluye audiovisuales, animaciones, vídeos e imágenes que se ponen a disposición tanto del público como de los medios de comunicación con el fin de hacer más comprensible la información relacionada con el GTC.
- El proyecto educativo <http://www.iac.es/cosmoeduca> tiene como objetivo principal facilitar la enseñanza de la Astronomía elaborando recursos para el aula. Los temas tratados hasta el momento son: origen y evolución del universo, relatividad, gravitación, óptica y astronomía, Marte, mareas, y heliosismología. Algunos de sus recursos también pueden ser utilizados en asignaturas de letras (Historia, Filosofía y otras).
- 10 presentaciones en power point (<http://www.iac.es/gabinete/difus/edicion/cd/odisea.htm>) que tratan, a un nivel divulgativo, todos los temas de mayor interés de la Astrofísica actual. Cada presentación cuenta con un mínimo de 50 diapositivas, con imágenes, ilustraciones y animaciones.
- Recopilación de recursos didácticos en <http://www.iac.es/divulgacion.php?op1=18>. En esta página web se pueden descargar productos resultado de proyectos e iniciativas divulgativas del IAC que pueden ser útiles para el profesorado. Alguno de estos proyectos están enfocados especialmente a la elaboración de recursos didácticos y atención al profesorado.
- El proyecto <http://www.iac.es/peter> permite a profesores, alumnos y aficionados acceder al telescopio Liverpool, el mayor telescopio robótico del mundo, desde el aula o desde sus hogares. Durante el proceso se está asesorado por un astrofísico quien supervisa que la solicitud es correcta (en lo relativo a los tiempos de observación, filtros utilizados, objetos deseados, etcétera).

41. INSTITUTO DE CIENCIAS DEL MAR-CSIC

Localización: <http://www.icm.csic.es/icmdivulga>

Contacto: icmdivulga@icm.csic.es

Bloque de contenido:

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales.

Palabras clave: biología, ecología, geología y oceanografía.

Tipo de recurso/s: portal web de divulgación científica.

Descripción:

En el portal web se puede encontrar información sobre:

- Líneas de investigación que se desarrollan en el ICM.
- Campañas oceanográficas en los mares y océanos del mundo.
- Temas monográficos de investigación relacionados con la actualidad.
- Tecnología puntera en oceanografía.

Se encuentran también enigmas y experimentos para todos aquellos que deseen aprender y divertirse con la ciencia y el mar.

Se desarrollan proyectos con escuelas con el fin de promover trabajos de investigación sobre temas de oceanografía, supervisados por los investigadores.

42. INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS DE ANDALUCÍA-CSIC

Localización: <http://www.icman.csic.es>

Contacto: webmaster@icman.csic.es • Teléfono: 956 832 612

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: acuicultura, oceanografía y contaminación marina.

Tipo de recurso/s: publicación, curso, audiovisual.

Descripción:

El Centro dispone de material didáctico y conocimientos científicos y educativos sobre el medio marino. Cabe señalar: recursos naturales (peces, crustáceos y moluscos) existentes en el medio (bahía de Cadiz) y cultivados extensiva o intensivamente en salinas y piscifactorias, de forma sostenible. Asimismo, se dispone de infraestructura y metodologías para conocer los parámetros ambientales del medio acuático, en condiciones espacio-temporales (teledetección, oceanografía química, biológica) y en situaciones de contaminación accidental o crónica en ecosistemas dulce-acuícolas y marinos.

43. INSTITUTO DE ESTUDIOS GALLEGOS PADRE SARMIENTO

Localización: <http://www.lppp.usc.es>

Contacto: martina.gonzalez@iegps.csic.es

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
6. La aldea global. De la sociedad de la información a la sociedad del conocimiento.

Palabras clave: arqueología, patrimonio, cultura científica.

Tipo de recurso/s: publicación, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

En el Laboratorio de Arqueología del Paisaje (IEGPS-CSIC) cuentan con recursos didácticos que se actualizan y amplían periódicamente. A continuación se enumeran los recursos disponibles relacionados con la arqueología y el patrimonio que pueden ser de utilidad para el profesorado:

- Exposiciones didácticas sobre temas de arqueología y patrimonio, factibles de ser itineradas a diferentes localizaciones.
- Una red de yacimientos arqueológicos y paisajes culturales significativos factibles de ser presentados al público.
- Una colección de referencia de materiales arqueológicos, con piezas originales y reproducciones.
- Un banco de imágenes de temas de arqueología y patrimonio.
- Audiovisuales sobre varias temáticas relacionadas con la arqueología y el patrimonio.

44. INSTITUTO DE QUÍMICA ORGÁNICA GENERAL-CSIC

Localización: <http://www.iqog.csic.es>

Contacto: Teléfono: 915 622 900

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
3. Vivir más, vivir mejor.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales.

Palabras clave: química.

Tipo de recurso/s: curso, conferencia, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

El Instituto puede acoger alguna visita guiada en la que se explicarían algunos avances de la Química y su impacto en la sociedad. Hay también un ciclo de conferencias, algunas enfocadas al público general. Por otro lado, se están planificando mejoras en la página web que incluirá una sección sobre divulgación científica.

45. INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Localización: <http://www.igme.es>

Contacto: Unidad de Cultura Científica • Teléfono: 913 495 910

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
2. Nuestro lugar en el universo.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales

Palabras clave: geología, minería, rocas, minerales, aguas subterráneas, fósiles, medio ambiente, Semana de la Ciencia.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, conferencia, audiovisual, ficha, itinerarios didácticos, geológicos y excursiones.

Descripción:

El IGME dispone de una serie de recursos didácticos, en forma de guías didácticas, audiovisuales y juegos interactivos sobre aguas subterráneas y uso sostenible, recursos minerales, formación de las rocas. Además, el Museo Geominero dispone de exposiciones itinerantes, guías didácticas para profesores y alumnos, visitas escolares y talleres. Asimismo, en ocasiones se realizan conferencias divulgativas y excursiones e itinerarios didácticos. Toda esta información se puede encontrar entrando en <http://www.igme.es>, dirigiéndose a divulgación/didáctica o bien a Museo Geominero.

Audiovisuales

- DVD didáctico titulado “**Gea y la formación de las rocas**”. En él, Gea, una pequeña geóloga virtual, nos introduce en el mundo de la geología a través de las características más importantes de los principales tipos de rocas en algunos de los yacimientos españoles más significativos (palabras clave: Gea, formación de rocas, rocas metamórficas, rocas ígneas, rocas sedimentarias).
- DVD didáctico titulado “**La Tierra, planeta vivo: fósiles a través del tiempo**”. En él se exponen algunos conceptos básicos en geología y paleontología utilizando como ejemplo algunos de los registros paleontológicos más excepcionales de la Península Ibérica. Al final del DVD se plantea un breve cuestionario para los alumnos. El DVD contiene una traducción al lenguaje de signos (palabras clave: tiempo geológico, fósiles, fosilización).
- DVD “**Piqueto con los recursos minerales y el medio ambiente**”. Se recrea la utilidad y necesidad que tenemos de la utilización de estos recursos en la vida diaria. Se hace un recorrido de cada uno de ellos desde la investigación de campo, pasando por la extracción en la mina, su transformación en las fábricas y por fin su utilización en nuestra vida cotidiana; se repasa el necesario proceso de restauración de las minas y canteras agotadas y se hace un repaso en 3D de la situación real de nuestras ciudades, si no dispusiéramos de estos recursos minerales. Actualmente se está ultimando la versión en inglés, esloveno y su traducción simultánea en subtítulos (palabras clave: recursos minerales, medio ambiente, restauración, hierro, sílice, arcilla, petróleo, áridos, agua).

Publicaciones

- El Museo Geominero dispone de una *Guía para el profesor* y de un *Cuaderno de trabajo para el alumno* en formato papel, que también pueden descargarse de la web. Estos documentos constituyen, respectivamente, una orientación para que los profesores preparen la visita al Museo y conozcan la temática de sus exposiciones permanentes, así como un conjunto de preguntas sobre fósiles y minerales que los alumnos pueden contestar en el propio Museo una vez realizada la visita (palabras clave: guía didáctica, cuaderno de trabajo, fósiles, minerales).
- *Diez unidades didácticas* sobre aguas subterráneas, riesgos geológicos, tierra y salud, cambio climático, recursos naturales, megaciudades, tierra profunda, océanos, suelos y tierra y vida que están disponibles en la web <http://aiplanetatierra.igme.es>. Cada una de ellas va acompañada por una ficha didáctica para segundo y tercer ciclo de Primaria y para Secundaria y Bachillerato (palabras clave: aguas subterráneas, riesgos geológicos, tierra y salud, cambio climático, recursos naturales, megaciudades, tierra profunda, océanos, suelos, tierra y vida, planeta Tierra).
- *Póster del Museo Geominero*, de dimensiones 70x50 cm, en el que se muestra un mapa geológico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias (palabras clave: mapa geológico, España).
- *Póster del Museo Geominero*, de dimensiones 95x50 cm, en el que se contemplan los distintos eones (Arcaico, Proterozoico, Fanerozoico), eras (Paleozoico, Mesozoico, Cenozoico) y periodos (Cámbrico, Ordovícico, Jurásico...) que conforman el tiempo geológico, así como algunos de los eventos más significativos: la aparición de la vida, de los reptiles, de los mamíferos, las grandes extinciones del registro fósil, etc. (palabras clave: tiempo geológico, Paleozoico, Mesozoico, Cenozoico).

Juegos didácticos sobre las aguas subterráneas para diferentes edades: “Las aguas subterráneas. Un tesoro que hay que conservar”; “Descubre el uso sostenible del agua con Ploppy”; “Juego del ciclo del agua”. Se pueden descargar y jugar con ellos on line. Certámenes y consultas (palabras clave: Ploppy, agua subterránea, sostenible, juegos).

Actividades durante la celebración de la Semana de la Ciencia (noviembre)

La información sobre horarios y condiciones de asistencia se publica cada año en la web del IGME a partir del mes de octubre.

- *Itinerarios geológicos a diferentes puntos de la geografía española*: “Geología de la Comunidad de Madrid”; “Cabañeros: un pasado marino de hace 500 millones de años”; “Minerales de colección en La Cabrera”; “Así se formaron las hoces del Duratón”, etcétera.
- *Talleres de reconocimiento* de fósiles y minerales dirigidos a público escolar (de lunes a viernes) y a público general (fines de semana).

46. INSTITUTO MUNICIPAL DE INVESTIGACIÓN MÉDICA

Localización: <http://www.imim.es>

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
3. Vivir más, vivir mejor.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: ciencia, salud, divulgación, medio ambiente y salud, medicina.

Tipo de recurso/s: publicación en soporte web (IMIMA't), audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

- **Proyecto ACCÉS.** Es una experiencia de aproximación de la ciencia para los estudiantes de segundo curso de Bachillerato de Cataluña. Consiste en la visita de los estudiantes al IMIM, donde profesionales del centro les explican qué es el IMIM, qué investigaciones se están llevando cabo y cualquier otra duda que pueda surgir referente al mundo de la investigación. Esta información va acompañada del visionado del DVD *L'Aventura de la ciencia*, un vídeo realizado específicamente para este proyecto. Después de la proyección del vídeo se realiza la visita a los laboratorios, donde los propios investigadores les explican qué proyectos están desarrollando, las técnicas de laboratorio que utilizan y les dan la posibilidad de experimentar ellos mismos con alguna técnica sencilla.
- **L'aventura de la ciencia.** Vídeo disponible a través de la web del IMIM, de fácil comprensión y muy ameno, que se divide en dos partes bien diferenciadas: una primera parte donde los científicos explican qué es hacer ciencia para ellos y una segunda parte donde se explica, mediante la simulación de un caso, la utilidad de la investigación científica aplicada a la salud. Hasta el momento, sólo está disponible en catalán.
- **IMIMA't** (en proyecto). Es un documento de formato web al que se accederá a partir de finales de mayo a través del web del IMIM o directamente a través de <http://www.imim.es/imimat> con el objetivo de servir de plataforma de divulgación de la ciencia que se lleva a cabo en el Instituto Municipal de Investigación Médica (IMIM) con un lenguaje adecuado para todos los públicos y servir de plataforma de difusión de los recursos existentes actualmente en temas científicos. La portada estará estructurada en cinco secciones principales: 1) **Noticias:** se explicarán las últimas novedades tanto en formato de texto/imagen, como en formato vídeo. Al ser en formato web, se podrán consultar todas las noticias que hayan sido publicadas anteriormente; 2) **Entrevistas:** en este espacio se encontrarán entrevistas personales a diferentes investigadores del IMIM y entrevistas descriptivas de grupos de investigación y de las líneas de investigación que están desarrollando, en un formato periodístico; 3) **Proyecto ACCÉS:** es el espacio destinado a presentar el proyecto ACCÉS de divulgación de la ciencia para alumnos de Bachillerato de Cataluña. En él se recogen también las últimas visitas que hemos realizado en el proyecto, imágenes de las mismas, el circuito realizado y las valoraciones recibidas; 4) **Actos recomendados:** se recomendarán actos científicos abiertos a todos los públicos que pueden ser de interés general; 5) **Publicaciones recomendadas:** recomendaciones de publicaciones científicas o de divulgación que pueden ser del interés general.

La publicación dispondrá también de un apartado de preguntas frecuentes (FAQ), una galería de fotos científicas, un enlace al vídeo *L'aventura de la ciencia*, enlaces a actos o recursos destacados (ESOF 2008, Semana de la Ciencia, el juego RYM, etc.) y otros enlaces de interés.

47. INSTITUTO MURCIANO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGRARIO Y ALIMENTARIO

Localización: <http://www.imida.es>

Contacto: Teléfono: 968 366 773 / 968 366 718

Bloque de contenido:

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales

Palabras clave: investigación agraria y alimentaria sostenible, agricultura, ganadería, medio ambiente, cultivos marinos.

Tipo de recurso/s: publicación, memoria del Instituto, cartografía *on line*.

Descripción:

El **IMIDA** como organismo público cuyo objetivo prioritario es la atención de las necesidades de investigación que demanda el sector agrario en la Región de Murcia, ofrece en su página web, publicaciones, diversos servicios y el acceso a su biblioteca. Cabe destacar los servicios de cartografía *on line*: Sistema de Información Geográfica y Teledetección que permite el manejo, visualización, consulta y actualización de la información geográfica existente (agroclimáticos, usos del suelo, fotografías aéreas, imágenes de satélite), de manera remota, mediante una conexión a Internet y un navegador.

48. INSTITUTO NACIONAL DEL CARBÓN-CSIC

Localización: <http://www.incar.csic.es>

Contacto: webmaster@incar.csic.es • Teléfono: 985 119 090

Bloque de contenido:

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: *incardivulga*.

Tipo de recurso/s: publicación, curso.

Descripción:

- Folleto explicativo del carbón.
- Baraja de cartas sobre el carbón para que jueguen los estudiantes y cajas con materiales para su observación.
- Conferencias divulgativas sobre carbón, nuevos materiales y energía.

49. INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL CALZADO Y CONEXAS. INESCOP

Localización: <http://www.inescop.es/>

Contacto: medioambiente@inescop.es

Bloque de contenido:

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: medio ambiente, tecnología, compuestos orgánicos volátiles.

Tipo de recurso/s: ficha.

Descripción:

Se describen los proyectos de investigación medioambiental que se lleva a cabo en INESCOP, así como las técnicas y tecnología puntera que se utilizan para su desarrollo. Se dispone de diversos equipos para realizar mediciones de contaminación acústica en las empresas. Para dicha medición se emplea un aparato denominado sonómetro que es capaz de registrar ruido con diferentes características y almacenar los datos obtenidos para su posterior tratamiento en un ordenador.

50. INTA-INSA-NASA, CENTRO DE ENTRENAMIENTO Y VISITANTES

Localización: <http://www.mdsc.org>

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
2. Nuestro lugar en el universo.

Palabras clave: astronomía, centro de visitantes.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, conferencia, audiovisual, concursos, exposición, visita.

Descripción:

Conferencia para comprender distancias astronómicas y ser capaz de imaginar el tamaño del universo. No se trata de situar al ser humano en el universo, sino de situar el universo en la mente del ser humano.

51. JARDÍN BOTÁNICO DE SÓLLER

Localización: <http://www.jardibotanicdesoller.org>

Contacto: jardibotanicdesoller@jardibotanicdesoller.org • Teléfono: 971 634 014

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales.

Palabras clave: jardín botánico, conservación plantas, aplicaciones plantas.

Tipo de recurso/s: publicación, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

Actividades e itinerarios dirigidos a grupos escolares, donde se tratan diferentes temáticas:

- Conocimiento de la flora balear y de sus amenazas. Técnicas de conservación de flora.
- Estudio de la utilización de las plantas, aplicaciones tradicionales y actuales.

En estas actividades se utilizan publicaciones y materiales didácticos.

52. JARDÍN BOTÁNICO MARIMURTRA

Localización: <http://www.marimurtra.cat>

Contacto: Teléfono: 972 330 826

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
2. Nuestro lugar en el universo.
3. Vivir más, vivir mejor.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: conservación, biodiversidad, botánico.

Tipo de recurso/s: itinerarios didácticos: visita guiada.

Descripción:

Durante una hora y treinta minutos un monitor explica a los distintos grupos de visitantes las características principales del Marimurtra y cuáles son los elementos singulares. Incide también en la importancia del papel primordial de los jardines botánicos en la conservación de la biodiversidad de nuestro hogar, el planeta Tierra. El discurso del educador se adapta a la edad y características del grupo.

53. JARDÍN BOTÁNICO DE CÓRDOBA- INSTITUTO MUNICIPAL DE GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Localización: <http://www.jardinbotanicodecordoba.com>

Contacto: info@jardinbotanicodecordoba.com • Teléfono: 957 200 077

Bloque de contenido:

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: biodiversidad, conservación, educación, cultura, naturaleza, artes y tradiciones ligadas al mundo vegetal.

Tipo de recurso/s: taller, curso, ficha, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

El Instituto Municipal de Gestión Medioambiental, Jardín Botánico de Córdoba, IMGEMA, es una institución dedicada al estudio del mundo vegetal que desarrolla funciones y proyectos encaminados a la conservación y difusión cultural de la naturaleza. Se aúnan en él funciones sociales, didácticas y científicas que se desarrollan a través de visitas, programas educativos, actos culturales, exposiciones, conferencias, congresos, publicaciones científicas y de divulgación, programas de conservación de recursos fitogenéticos andaluces e investigación botánica. En la actualidad cuenta con dos instalaciones del Ayuntamiento de Córdoba: el Jardín Botánico y el Molino de Martos.

54. KUTXAESPACIO DE LA CIENCIA

Localización: <http://www.miramón.org>

Contacto: kutxaespacio@kutxa.es • Teléfono: 943 012 478

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales

Palabras clave: ciencia, tecnología, nuevos materiales.

Tipo de recurso/s: taller, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

Se trata de un lugar de encuentro con la actividad científica y punto de divulgación de la ciencia. Cuenta con una gran variedad de actividades y recursos científicos y didácticos (talleres, módulos interactivos, itinerarios didácticos y excursiones).

55. LABORATORIO VIRTUAL IBERCAJA

Localización: <http://www.ibercajalav.net/recursos.php?codopcion=1181&codopcion2=2495>

Bloque de contenido:

2. Nuestro lugar en el universo.
3. Vivir más, vivir mejor.

Palabras clave: sistema solar, planetas, ADN simulación.

Tipo de recurso/s: aplicación didáctica *on line*.

Descripción:

A través de la página web se puede acceder de forma gratuita a simulaciones informáticas del temario oficial de ciencia y tecnología. Temas relacionados con los bloques de contenidos de CCMC serían:

- **Sistema Solar:** estudio de las características de los planetas del Sistema Solar mediante simulaciones y comparaciones con la Tierra: rotación, volumen, traslación, gravedad, etc. Incluye un cuestionario.
- **ADN. El alfabeto de la vida:** simulaciones interactivas sobre la replicación, transcripción y traducción del ADN en la que el alumno utiliza el alfabeto de la vida (nucleótidos).

56. MUSEO DE ARTE IBÉRICO-EL CIGARRALEJO

Localización: <http://www.museosdemurcia.com>

Contacto: contacto@museosdemurcia.com • Teléfono: 968 279 715

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

Palabras clave: tecnología, prehistoria, torno alfarero, íberos.

Tipo de recurso/s: taller.

Descripción:

El museo dispone de los talleres didácticos:

- Taller sobre la tecnología del hombre prehistórico (elaboración de útiles y herramientas en piedra, asta y hueso, elaboración del fuego...).
- Taller sobre la alfarería ibérica. Se enseña a usar un torno de alfarero para fabricar la cerámica y a decorarla con técnicas y motivos ibéricos.

57. MUSEO DE HISTORIA NATURAL LUIS IGLESIAS. UNIVERSIDAD DE SANTIAGO

Localización: <http://www.usc.es/museohn/index.html>

Contacto: Teléfono: 981 593 589

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

Palabras clave: museo, historia de la ciencia, didáctica, biología, geología.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, itinerarios didácticos y excursiones, exposiciones permanente y temporales.

Descripción:

El Museo dispone de colecciones de zoología, botánica y geología que tienen su origen en el siglo XIX y que son completadas con ejemplares actuales que permiten observar la evolución del estudio de las ciencias naturales a lo largo del tiempo. Estos fondos se utilizan como recurso didáctico para la comunidad educativa.

De forma permanente se exponen ejemplares de diferentes colecciones y se organizan itinerarios guiados por los jardines del Campus Sur de Santiago para observación de ejemplares vivos, principalmente de árboles.

58. MUSEO DE LA CIENCIA Y EL AGUA. MURCIA

Localización: <http://www.cienciayagua.org>

Contacto: Teléfono: 968 211 998

Bloque de contenido:

2. Nuestro lugar en el universo.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: universo, agua, fuentes de energía.

Tipo de recurso/s: curso, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

El museo plantea varias actividades:

- **Sesión de planetario:** incluye información sobre origen del universo, el Sistema Solar y el planeta Tierra.
- **Itinerarios didácticos** en la sala del agua, donde se tratan temas sobre: sostenibilidad y ahorro energético, agua y fuentes de energía, geología, biología, formación de la Tierra y seres vivos.
- **Exposición temporal** (en preparación): inauguración 2009. Darwin. El evolucionismo.

59. MUSEO DE LA PESCA-PALAMÓS. GERONA

Localización: <http://www.museudelapesca.org>

Contacto: museudelapesca@palamos.org • Teléfono: 972 600 424

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: pesca, tecnología, alimentación, sostenibilidad, Mediterráneo.

Tipo de recurso/s: programa pedagógico: vive el mar, exposición permanente, audiovisual.

Descripción:

En Palamós el mundo pesquero tiene continuidad en el Museo de la Pesca. Con la misión de divulgar el hecho marítimo y pesquero, el Museo de la Pesca ha diseñado un programa de actividades pedagógicas para descubrir las tradiciones, los saberes y las habilidades de pescadores y de la riqueza patrimonial del mar que se pone a disposición de los centros educativos y de otros colectivos interesados.

La exposición permanente presenta el pasado, el presente y el futuro de la pesca en cinco ámbitos, con audiovisuales, maquetas, objetos y fotografías.

El audiovisual induce a la reflexión sobre la difícil situación en que se encuentra la pesca mediterránea a partir del testimonio de sus protagonistas: los pescadores. Se analizan los motivos que han llevado a la pesca a una situación límite y se plantean medidas para permitir la sostenibilidad biológica, económica y social de la actividad.

El programa pedagógico consta de 12 actividades vinculadas con el hecho marítimo y pesquero de la Costa Brava, para la Educación Infantil, Primaria, ESO y el Bachillerato y una maleta pedagógica colgada en Internet de acceso libre y gratuito:

- Visita guiada a la exposición permanente (3) (Educación Infantil, Primaria, ESO y Bachillerato).
- Itinerario por el puerto y la subasta de pescado (1) (Primaria, ESO y Bachillerato).
- Taller de salazón de pescado (1) (Primaria, ESO y Bachillerato).
- Talleres medioambientales (3).
- Talleres de navegación con embarcación tradicional a vela (3).
- Taller de documentación y trabajos de investigación (1) (ESO y Bachillerato).
- Maleta pedagógica virtual de la pesca (<http://www.maletapesca.org>) (1) (ESO).

60. MUSEO ELDER, FUNDACIÓN CANARIA MUSEO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

Localización: <http://www.museoelder.org>

Contacto: museoelder@museoelder.es • Teléfono: 828 011 828

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: exposición, interactivo, ciencia, tecnología, planetario, cine, documental, taller de ciencias, conferencia.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

El Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología es un centro de carácter interactivo que combina una colección de contenidos permanente con exposiciones temporales. Se abarcan múltiples áreas del conocimiento científico-tecnológico, tales como:

- Tecnología (aeronáutica, aeroespacial, transporte marítimo, transporte aéreo, transporte terrestre, mecánica, automoción, electricidad, combustibles fósiles, energías renovables, informática y comunicaciones, robótica, producción audiovisual, área "Juanelo Turriano", área "Agustín de Betancourt", etcétera).
- Ciencias Básicas (mecánica, termología, electromagnetismo, ondas, percepción, matemáticas, meteorología, astronomía, etcétera).
- Ciencias de la Vida (biología, ecología, etcétera).

Además, se dispone de:

- Taller de ciencias.
- Planetario digital.
- Sala de cine de gran formato Cinemax 70 con proyección de documentales.
- Ciclo de conferencias de divulgación científica Museo Elder.

Entre la programación de exposiciones temporales para el año 2008 destacan: *IslasCONCIENCIA, proyecto Expotec Canarias* (<http://www.islasconciencia.com>); *Desarrollo sostenible* (a partir de octubre de 2008) y *Transporte marítimo* (a partir de julio de 2008).

61. MUSEO GEOLÓGICO DEL SEMINARIO DE BARCELONA

Localización: <http://www.telefonica.net/web2/pa-ko/MGSB/>

Contacto: almeracomas@hotmail.com • Teléfono: 934 541 600

Bloque de contenido:

2. Nuestro lugar en el universo.

Palabras clave: paleontología, historia de la vida, la evolución humana.

Tipo de recurso/s: museo, publicación, conferencias.

Descripción:

El Museo tiene como objeto el estudio de la Paleontología, especialmente de invertebrados. Un enfoque de la Paleontología es la "historia de la vida" y por lo tanto la evolución y la aparición del homo sapiens. Cuenta con una biblioteca dedicada a la Paleontología. Entre las actividades, se programa un ciclo de conferencias y se realizan varias publicaciones:

- *Pagurus*: revista de divulgación científica, especialmente pensada para los escolares y estudiantes (se puede consultar en Internet en <http://www.telefonica.net/web2/pa-ko/pagurus/>).
- Batallería, que da a conocer parte de la investigación realizada y difunde la vida del Museo.

62. MUSEO DE ARQUEOLOGÍA DE CATALUÑA-OLÈRDOLA. ALT PENEDES, BARCELONA

Localización: <http://www.mac.es>

Contacto: difusiomac.cultura@gencat.net • Teléfono: 938 901 420

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

Palabras clave: arqueología, parque natural, tecnología ibérica/romana/medieval, medio ambiente, hombre y territorio.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, ficha, itinerarios didácticos y excursiones, audioguía.

Descripción:

Se trata de un parque arqueológico rodeado de un parque natural. Ocupación humana desde el Calcolítico hasta la actualidad (poblado ibérico, fortificación romana, ciudad medieval). Muchas de las visitas comentadas y teatralizadas y talleres se fundamentan en la interrelación entre el hombre y el medio, trabajando sobre las claves en torno a su uso y explotación como puedan ser los avances científicos y tecnológicos que las distintas civilizaciones han desarrollado, a través del tiempo, con este fin. Se realizan talleres de obtención de colores y tintado de pieles y tejidos (una alta especialización técnica en su momento), uso diferenciado de la masa vegetal (medicina, construcción, calentar...), la orientación (natural y descubrimiento de la brújula...), la elaboración del vino, etcétera.

63. MUSEO DE CIENCIAS NATURALES DE BARCELONA

Localización: www.bcn.cat/museuciencias

Contacto: museuciencias@bcn.cat • Teléfono: 933 196 912

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
2. Nuestro lugar en el universo.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales.

Palabras clave: biodiversidad, genética, evolución, geología, biología, paleontología, investigación.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

El Museo, como instrumento de cultura a través de distintas actividades en distintos formatos, promueve la enseñanza y difusión de las ciencias naturales, el medio ambiente y el desarrollo sostenible. Los principales tipos de actividades son: talleres y visitas dinamizadas por educadores del museo (que cuentan con el soporte de material didáctico, *dossiers* para los profesores y fichas para los alumnos), visitas autoguiadas a las salas de exposición y conferencias impartidas por profesores universitarios.

64. OBSERVATORIO DEL EBRO. CSIC-UNIVERSIDAD RAMON LLULL

Localización: <http://www.obsebre.es/>

Contacto: Teléfono: 977 500 511

Bloque de contenido:

2. Nuestro lugar en el universo.

Palabras clave: sismología, geomagnetismo, aeronomía, meteorología, clima y actividad solar.

Tipo de recurso/s: taller, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

El observatorio organiza frecuentemente cursos especializados y divulgativos, conferencias, exposiciones, jornadas de puertas abiertas y dispone de un servicio de visitas guiadas.

Las actividades de observación e investigación del Observatorio del Ebro en sismología, geomagnetismo, aeronomía, meteorología, clima y actividad solar, ofrecen:

- Un taller dirigido a alumnos de Secundaria de 10 horas de duración.
- Una visita guiada para alumnos de todas las edades de dos horas de duración.

65. ORGANIZACIÓN DE ESTADOS IBEROAMERICANOS/UNIVERSIDAD DE VALENCIA

Localización: : <http://www.oei.es/decada>; <http://www.uv.es/vilches>; <http://www.uv.es/gil>

Contacto: decada@oei.es

Bloque de contenido:

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: educación para la sostenibilidad; relaciones ciencia, tecnología, sociedad y ambiente (CTSA); formación ciudadana; alfabetización científica; toma de decisiones.

Tipo de recurso/s: publicación, taller y power point.

Descripción:

En la plataforma “Década por una educación para la sostenibilidad” se puede encontrar una relación de temas y palabras clave en torno a la sostenibilidad que permiten profundizar en los problemas y desafíos a los que se enfrenta la humanidad, con títulos como: “Contaminación sin fronteras”, “Agotamiento de recursos”, “Cambios climáticos” “Gobernanza universal”, “Tecnologías para la sostenibilidad”, etc. Se adjuntan referencias de artículos y libros, y enlaces a páginas web relacionadas.

En las páginas web <http://www.uv.es/vilches> y <http://www.uv.es/gil> se pueden encontrar materiales concebidos para apoyar y complementar la temática de la asignatura, con comentarios didácticos para el profesorado, así como directamente dirigidos a estudiantes. También hay documentos (artículos, capítulos de libro, etc.) para ampliar la formación del profesorado en ese campo. Los materiales se presentan en diferentes versiones: programas de actividades para estudiantes y para profesores (con comentarios); presentaciones en modo diapositivas, en versiones dirigidas al profesorado y al alumnado, etcétera.

66. PARQUE DE LAS CIENCIAS DE GRANADA

Localización: <http://www.parqueciencias.com>; <http://www.parqueciencias.com/educacion>

Contacto: info@parqueciencias.com • Teléfono: 958 131 900

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: divulgación científica, sostenibilidad, ciencia, técnica y sociedad, cultura científica.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones, microexposiciones científicas.

Descripción:

El Parque de las Ciencias es un museo divulgativo e interactivo de todas las áreas científicas, en el que a diario se fomenta y difunde la cultura científica entre los escolares y público en general.

El Museo ofrece gran variedad de exposiciones y actividades en un amplio rango de los más relevantes avances científico-tecnológicos.

Cabe destacar "Ciencia en el aula", que es un espacio expositivo en el museo para divulgar los trabajos de investigación científica desarrollados en los centros educativos y el "Punto de actualidad científica".

67. PARQUE NATURAL DE LA PENÍNSULA DE LLEVANT

Contacto: Teléfono: 971 176 800, ext. 5331

Bloque de contenido:

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: espacios naturales protegidos, biodiversidad, gestión.

Tipo de recurso/s: publicación, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

El Parque Natural de la Península de Llevant está formado por tres propiedades públicas, pertenecientes al Gobierno de las islas Baleares, que alternan zonas de cultivos extensivos, con bosques mediterráneos, grandes extensiones de monte bajo, acantilados marinos, etc. Su extensión es de cerca de 1.700 ha y forma parte del municipio de Artá, al noreste de Mallorca. Este espacio protegido incluye dos reservas integrales (Cap de Ferrutx y Cap des Freu), y ofrece itinerarios didácticos que versan sobre los valores naturales y etnológicos del parque natural y la gestión de los espacios naturales protegidos.

68. PARQUE NATURAL DEL CADÍ-MOIXERÓ

Localización: <http://www.parcscatalunya.net>

Contacto: sia.dmah@gencat.net • Teléfono: 934 445 000

Bloque de contenido:

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: centro de interpretación, naturaleza, conservación especies, espacios naturales protegidos.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, itinerarios didácticos y excursiones, centros de interpretación.

Descripción:

El Parque Natural dispone de centros de interpretación e itinerarios de la naturaleza en los que se describen diversos hábitats, especies... También se presenta el programa de actividades trimestrales, relacionadas con la naturaleza, la cultura, las actividades tradicionales, etcétera.

69. PLANETARIO DE PAMPLONA

Localización: <http://www.pamplonetario.org/escuela/>

Contacto: Teléfono: 948 262 628

Bloque de contenido:

2. Nuestro lugar en el universo.

Palabras clave: astronomía, astrofísica, historia de la ciencia, ciencia y creencia, método científico.

Tipo de recurso/s: audiovisual, programa de planetario y material didáctico de trabajo.

Descripción:

La programación “Escuela de estrellas” del Planetario de Pamplona incluye tres programas diferentes específicos para Bachillerato. Sus títulos son: “Supernova”, “El universo de Lorca” y “Vía Láctea”.

70. REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE HISTORIA NATURAL

Localización: <http://www.historianatural.org>

Contacto: rsehno@bio.ucm.es

Bloque de contenido:

2. Nuestro lugar en el universo.

3. Vivir más, vivir mejor.

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

5. Nuevas necesidades, nuevos materiales

Palabras clave: curso de actualización de profesorado de enseñanza media, ciencias naturales.

Tipo de recurso/s: curso.

Descripción:

La Real Sociedad, en colaboración con la Facultad de Ciencias Biológicas, organiza un curso destinado al profesorado de enseñanza Secundaria, consistente en una serie de lecciones magistrales impartidas por especialistas (profesores universitarios o investigadores de organismos públicos de investigación). Se complementa con talleres, demostraciones, etcétera.

71. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID-FACULTAD DE CIENCIAS

Localización: <http://www.uam.es/departamentos/ciencias/fisapli/POP/pop-lineasinvestigacion.html>

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

5. Nuevas necesidades, nuevos materiales.

Palabras clave: arqueometría, técnicas IBA, RBS, PIXE, ERDA, NRA.

Tipo de recurso/s: curso, conferencia, prácticas de laboratorio.

Descripción:

El departamento de física aplicada, presenta una aplicación multidisciplinar de técnicas de análisis y caracterización de materiales en general. En particular técnicas basadas en los haces de iones de MeV obtenidos mediante un acelerador electrostático, aplicadas al estudio del patrimonio histórico o la determinación de la contaminación atmosférica por aerosoles.

72. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID-DEPARTAMENTO DE BIOQUÍMICA Y BIOLOGÍA MOLECULAR

Localización: http://solea.quim.ucm.es/public_html/teach/Tecnicas.pdf; http://solea.quim.ucm.es/public_html/divul/sabias2.htm; http://solea.quim.ucm.es/public_html/divul/Historia; [archivos/frame.htm](http://solea.quim.ucm.es/public_html/archivos/frame.htm)

Contacto: Teléfono: 913 944 265

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

Palabras clave: espectroscopía, isótopos, ultracentrifugación, electroforesis, cromatografía, bioquímica, biología molecular, descubrimientos, aplicaciones, proteínas, historia, Perutz, Pauling, Fischer, Hofmeister, Svedberg, aminoácidos.

Tipo de recurso/s: audiovisual, conferencia.

Descripción:

En el audiovisual hay ejemplos de las técnicas e instrumentos más utilizados en el estudio de la Bioquímica y Biología molecular.

Se ofrecen conferencias impartidas por profesores universitarios acerca de la utilidad de los descubrimientos científicos y una conferencia de introducción al establecimiento de la Química de proteínas moderna.

73. UNIVERSIDAD DE BURGOS-FACULTAD DE CIENCIAS

Localización: http://www.ubu.es/ubu/cm/ubu/tkContent?pgseed=1209491768881&idContent=47941&locale=es_ES&textOnly=false

Contacto: decacien@ubu.es

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: divulgación científica.

Tipo de recurso/s: publicación, itinerarios didácticos y excursiones, enlaces divulgación científica.

Descripción:

Se trata de un aula virtual que contiene artículos de divulgación científica, enlaces, trabajos premiados en diferentes convocatorias de divulgación científica para universitarios en la Universidad de Burgos, materiales de apoyo a la enseñanza de las Ciencias, etcétera.

74. UNIVERSIDAD DE GERONA-AYUNTAMIENTO DE PALAMÓS: CÁTEDRA DE ESTUDIOS MARÍTIMOS Y CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DE LA PESCA Y EL MAR (DOCUMARE).

Localización: http://biblioteca.udg.edu/fons_especials/pesca/index.asp; <http://diobma.udg.edu:8080/dspace/handle/10256.1/175>;
<http://www.documare.org>

Contacto: dir.cem@udg.edu; info@documare.org • Teléfono: 972 601 244

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: pesca, documentación, bases de datos, difusión, biblioteca, mar, investigación, reflexión.

Tipo de recurso/s: portal digital de información, cartografía marítima y pesquera del litoral catalán (recurso electrónico), colección, depósito digital abierto, taller.

Descripción:

Espacio digital de difusión que centraliza la producción intelectual de la Cátedra de Estudios Marítimos, el Museo de la Pesca y el Grupo de Estudios Sociales de la Pesca Marítima, mantenido por la Biblioteca de la Universidad de Gerona. Da acceso además a las bases de datos Pescabib (base de datos bibliográfica sobre la pesca marítima desde la perspectiva de las ciencias sociales) y Docuhist (base de datos que incluye referencias a documentos de archivo relacionados con la historia de la pesca en Cataluña).

La “**Cartografía marítima i pesquera del litoral català**” es un proyecto destinado a investigar, dar a conocer y poner en valor el patrimonio litoral de Cataluña en Internet, mediante la cartografía y la georeferenciación digitales. El recurso utiliza la tecnología Internet Map Server (IMS), lo que permite seleccionar y visualizar información vinculada a un sistema de información geográfica. Permite moverse libremente por la cartografía de referencia, visualizar y manipular mapas, análisis territorial de litoral, consultar información detallada de cada punto o zona específica y lanzar consultas predeterminadas. El recurso es el resultado de recopilar, seleccionar, estructurar y dar formato a todo tipo de información procedente de la investigación etnográfica, bibliográfica y documental. Se dirige a un público amplio, interesados en los aspectos ambientales, de explotación del mar, la historia y el patrimonio cultural del litoral y cubre toda la costa catalana.

Colección editada por la Cátedra de Estudios Marítimos que tiene como objetivo difundir la investigación en el ámbito marítimo desde una perspectiva interdisciplinar. Hasta la fecha se han publicado 22 títulos de reconocidos científicos que abarcan temas como la selectividad de los artes de pesca y la conservación de los recursos, la situación económica y social de la pesca, métodos de gestión, reflexiones teóricas sobre la investigación y estudios arqueológicos e históricos.

La Biblioteca de la Universidad de Gerona pone a disposición de la Cátedra de Estudios Marítimos un espacio en su **depósito digital** para conservar y difundir su producción intelectual, cursos, conferencias, congresos, jornadas, etc. Los diferentes apartados se estructuran en comunidades, colecciones y subcolecciones, desde las cuales el usuario puede descargar o visualizar los documentos audiovisuales en formato digital.

Taller dirigido a los alumnos de Bachillerato que desean aprender la bases para la investigación académica. Con ayuda del documentalista y el tutor del grupo se discute el método científico aplicado al ámbito marítimo: las fuentes más adecuadas en función del tema escogido, la planificación, metodología, exposición de las hipótesis, redacción y presentación.

75. UNIVERSIDAD DE JAÉN-GRUPO IDEA

Localización: <http://www.ujaen.es/investiga/solar/07cursosolar/index.htm>

Bloque de contenido:

4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: energía solar.

Tipo de recurso/s: curso.

Descripción:

La web Cursolar es un conjunto de documentos web clasificados en tres niveles de dificultad, donde se encuentra información relativa a la energía solar fotovoltaica. Pretende ser una aproximación a un curso a través de Internet sobre esta fuente de energía renovable. Se presenta con un diseño agradable, fácil de navegar y con explicaciones asequibles y muy gráficas.

76. UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

Localización: <http://arsenailna.cie.uma.es/~ccriado/Listado%20charlas%20divulgacion.htm>

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: divulgación científica.

Tipo de recurso/s: conferencia.

Descripción:

Programa de Divulgación Científica de la Universidad de Málaga para centros de enseñanza y centros culturales de la provincia de Málaga, en el cual se incluye un listado de profesores, junto con el título de su ponencia, que se ofrecen a dar una charla o realizar alguna actividad de divulgación científica. Los centros interesados en una o varias de estas conferencias o actividades deben ponerse en contacto directamente con las personas correspondientes a través de los teléfonos o e-mail que figuran en este listado. El listado está abierto, y cualquier profesor que lo desee puede añadir su conferencia al mismo, mandando un e-mail a c_criado@uma.es

77. UNIVERSIDAD DE NAVARRA-FACULTAD DE CIENCIAS

Localización: <http://www.unav.es/acienciacierta>; <http://www.johnkyrk.com/index.esp.html>; <http://www.unav.es/cryf/>

Contacto: acienciacierta@unav.es

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: ciencia, noticias, actualidad, genética, células madre, salud, evolución, animaciones de biología celular y molecular, origen del universo, evolucionismo, orden, complejidad y finalidad, naturaleza y persona, ciencia y verdad y ciencia y religión.

Tipo de recurso/s: página web, audiovisual, publicación, conferencia.

Descripción:

“Acienciacierta” presenta noticias actuales de ciencia en general comentadas por científicos, en un lenguaje asequible y didáctico. Se tratan temas de genética, células madre, salud, evolución...

Las animaciones de biología celular se muestran en castellano, de manera muy didáctica, y versan sobre componentes y funciones celulares, genética, evolución.

El Grupo de Investigación sobre Ciencia, Razón y Fe (CRYF) publican extensa documentación sobre origen del universo, evolucionismo, orden, complejidad y finalidad, diseño inteligente, naturaleza y persona, ciencia y verdad, y ciencia y religión.

78. UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Localización: <http://mediateca.uniovi.es/mediateca/Ciclos/General/CanalCiencia.htm>

Contacto: Teléfono: 985 458 075

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

Palabras clave:

Tipo de recurso/s: conferencia, audiovisual, materiales didácticos multimedia.

Descripción:

Mediateca: colección de contenidos científicos y tecnológicos con el fin de acercar la Ciencia a la sociedad:

- Los papeles de la ciencia.
- Las matemáticas, base de nuestra cultura.

79. UNIVERSIDAD DE SEVILLA-FACULTAD DE FÍSICA

Localización: <http://www.personal.us.es/alberto/>

Contacto: alberto@us.es • Teléfono: 954 550 961

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
2. Nuestro lugar en el universo.

Palabras clave: física.

Tipo de recurso/s: publicaciones, conferencias, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

Se dispone de diverso material de divulgación científica:

- Charlas y conferencias: "1905-2005: 60 años de física".
- Artículos de prensa.: "Un viaje al astro rey". "¿Influye el movimiento de los planetas en nuestras vidas?"
- Libro: *Principios para principiantes (una iniciación a la física)*.

También varios profesores de la Facultad de Física ofertan conferencias de divulgación sobre diversos temas de actualidad en física, y se ofrece la posibilidad de hacer visitas a las instalaciones de la Facultad, previa concertación.

80. UNIVERSIDAD DE VALENCIA

CÁTEDRA DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA

Localización: http://147.156.41.66/tau/producciones_val.php?action=lista&cat=3

Contacto: Teléfono: 963 864 100

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: documental científico.

Tipo de recurso/s: audiovisual.

Descripción:

El taller de audiovisuales cuenta con dos líneas de actuación, formación y producción audiovisual. Se presentan documentales producidos por el propio taller sobre diversos temas científicos reproducibles a través de Internet.

OBSERVATORIO ASTRONÓMICO

Localización: <http://www.uv.es/obsast>

Contacto: Observatori.Astronomic@uv.es • Teléfono: 963 543 483

Bloque de contenido:

2. Nuestro lugar en el universo.

Palabras clave: astronomía-observación, astronómica-cosmología-astronáutica.

Tipo de recurso/s: publicación, taller, curso, conferencia, audiovisual, programa de radio, observaciones del cielo retransmitidas por Internet, concursos.

Descripción:

Hoja mensual de información astronómica en colaboración con el Museo de Ciencias Príncipe Felipe de Valencia, que contiene:

- Artículo mensual en la revista *Métode*. Libros sobre astronomía e inteligencia extraterrestre.
- Talleres de astronomía para escolares: "Aula del Cel".
- Observaciones nocturnas abiertas al público los viernes: "Noches de viernes, noches de estrellas".
- Cursos ofertados para mayores de 55 años y de extensión universitaria de la Universidad de Valencia.
- Cursos de formación del profesorado.
- Conferencias invitadas en centros educativos, museos y centros culturales.
- Audiovisuales creados para las sesiones del "Aula del Cel".
- Vídeos sobre observación de fenómenos astronómicos (eclipses de Sol, tránsito de Venus).
- Espacio en un programa de radio "Los sonidos de la Ciencia" (RNE, en "Hoy no es un día cualquiera").
- Observaciones del cielo retransmitidas por Internet en directo ("El cielo a tu alcance").
- Organización de concursos de construcción de instrumentos astronómicos sencillos dirigido a alumnos de Educación Primaria y Secundaria.

81. UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN A DISTANCIA

Localización: <http://www.uned.es/divulgauned>

Contacto: divulgauned@adm.uned.es

Bloque de contenido:

7. Todos los bloques.

Palabras clave: divulgación, *blog*, cultura científica.

Tipo de recurso/s: publicación *on line*, *blog*.

Descripción:

Página creada por la Unidad de Cultura Científica de la UNED. Contiene dos secciones:

- **divulgaUNED:** divulgación de la actividad investigadora realizada en la UNED y sus centros asociados.
- **cienciaficción:** comentarios de novedades científicas generales por parte de los alumnos y profesores de la UNED.

82. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Localización: <http://www.gestiondelademanda.es>; <http://www.lasmaticas.es>; http://www.etsii.upct.es/titulaciones_videos.htm

Bloque de contenido:

5. Nuevas necesidades, nuevos materiales.

Palabras clave: teoría, circuitos, problemas, vídeos, Internet, matemáticas, asignaturas.

Tipo de recurso/s: audiovisuales.

Descripción:

- En el portal del profesor y director de la Escuela, el Dr. Antonio Gabaldón Marín, se presentan vídeos de explicaciones y problemas de su asignatura "Teoría de Circuitos".
- En el portal del profesor y subdirector de alumnos de la Escuela, el Dr. Juan Medina Molina, se presentan vídeos de explicaciones y problemas de su asignatura "Fundamentos Matemáticos de la Ingeniería", y además cuenta con material previo de Educación Secundaria para consulta del alumno que necesite repasarlo.
- La iniciativa http://www.etsii.upct.es/titulaciones_videos.htm de la Escuela consiste en que cada profesor participante graba una serie de vídeos sobre explicaciones y problemas resueltos de su asignatura.

Con estos portales, el alumno cuenta con un material que puede reproducir en su ordenador o televisor, y que resulta de ayuda para estudiar las asignaturas. En todos ellos, lo más destacable es que el alumno toma el control sobre el ritmo de la exposición, ya que puede parar la reproducción, repetir cada explicación tantas veces como desee, etcétera...

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

Localización: <http://www.upct.es/eseatomasferro>

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
3. Vivir más, vivir mejor.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: medio ambiente, agricultura ecológica, nuevos cultivos, producción animal, conservación de razas autóctonas, recuperación de especies vegetales amenazadas, uso eficiente del agua.

Tipo de recurso/s: itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

La Estación Experimental Agroalimentaria Tomás Ferro posee un itinerario didáctico participativo basado en diferentes prácticas relacionadas con la agroalimentación, la producción animal y el medio ambiente. Los itinerarios son variados y se rediseñan periódicamente para adaptarlos a la duración y el nivel académico de las visitas. Se han diseñado actividades relacionadas con la inseminación artificial en animales, la producción de planta forestal en vivero, cultivo de hortalizas en sistemas hidropónicos, etcétera.

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA CIVIL

Localización: <http://www.upct.es/~euitc/>

Contacto: direccion@euitc.upct.es • Teléfono: 968 32 5425/5424

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.

Palabras clave: recursos naturales geomineros, ingeniería del terreno, ingeniería cartográfica.

Tipo de recurso/s: taller, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

Laboratorios de topografía, geotecnia, geología, materiales de construcción, etc. de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Civil en los que se pueden organizar prácticas para la asignatura. Posibilidad de organizar excursiones por algunos puntos de la Sierra Minera de Cartagena-La Unión guiadas por un profesor de la Universidad.

83. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Localización: <http://ocw.upm.es/ingenieria-quimica/produccion-limpia-ecologia-industrial-y-desarrollo-sostenible>

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.

Palabras clave: educación ambiental, evaluación de impactos y ciclos de vida, producción limpia, desarrollo sostenible.

Tipo de recurso/s: publicación, curso.

Descripción:

programa de formación para evaluar la problemática ambiental y desarrollar soluciones para el medio ambiente, la economía y la sociedad. Se analizan en primer lugar los diversos problemas ambientales y de sostenibilidad causados por la industria y los servicios, para proponer y estudiar a continuación las diferentes soluciones al nivel de la ingeniería y patrones de consumo (producción limpia, ecología industrial y desarrollo sostenible). Se proporciona documentación de clases teóricas en distintos formatos, así como el acceso a la web y la descarga e instalación de los programas de software necesarios. Estudio de casos prácticos.

E.T.S. INGENIEROS AGRÓNOMOS

Localización: <http://www.etsia.upm.es>

Contacto: subdirector.eu.agronomos@upm.es

Bloque de contenido:

1. Contenidos comunes: reflexiones sobre la ciencia y la tecnología en general.
4. Hacia una gestión sostenible del planeta.
5. Nuevas necesidades, nuevos materiales

Palabras clave: biocombustibles, tecnología de alimentos, tratamiento de residuos, biotecnología.

Tipo de recurso/s: taller, conferencia, itinerarios didácticos y excursiones.

Descripción:

Durante la semana de la ciencia de la Comunidad Autónoma de Madrid, se programan visitas a diferentes departamentos, en las que se realizan talleres relacionados con los siguientes bloques temáticos: biocombustibles, tecnología de alimentos, tratamiento de residuos de la producción agrícola y biotecnología.

| Leyenda



Punto de atención



Actividad



Texto de apoyo a la actividad



Página web

A. Actividad numerada

C. Comentario numerado

| Créditos textos e imágenes

Agradecemos a las siguientes personas y entidades la cesión de textos e imágenes:

- José Mariano Bernal Martínez
- Enrique Iañez Pareja
- Julio César Ondategui Rubio
- Mark A. Hunt Ortiz
- Antonio Ángel Pérez
- Emilio Pedrinaci Rodríguez
- Amparo Vilches Peña
- Archivo de Minas de Almadén
- Asociación de Educación Ambiental y del Consumidor-Foundation for Environmental Education (ADEAC-Fee)
- Associated Press
- Colectivo Proyecto Arrayanes
- Ecovidrio. Agencia SEIS/ Ketchum
- United States Geological Survey (USGS)



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EDUCACIÓN,
POLÍTICA SOCIAL Y DEPORTE

INSTITUTO SUPERIOR
DE FORMACIÓN
DEL PROFESORADO



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



FECYT
FUNDACIÓN ESPAÑOLA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

www.fecyt.es



| ACTIVIDADES PARA
EL AULA 1 |

LA FUNCIÓN EDUCATIVA DE LAS AUDITORÍAS CIENTÍFICAS: ENSEÑAR A APRENDER CIENCIAS PARA LA VIDA

José Mariano Bernal Martínez

Profesor titular de Didáctica de las Ciencias Experimentales
Universidad de Murcia



JOE CARDOZO

¿Qué es la Diabetes?

La Diabetes es una enfermedad crónica que incapacita al organismo a utilizar los alimentos adecuadamente. Al ingerir los alimentos éstos se descomponen convirtiéndose en una forma de azúcar denominada glucosa, que es el combustible que utilizan las células para proveer al organismo de la energía necesaria. Este proceso de transformar los alimentos en energía se llama metabolismo. Para metabolizar la glucosa adecuadamente, el organismo necesita una sustancia llamada insulina. La insulina es una hormona producida en el páncreas (que es una glándula localizada debajo del estómago), y cuya función es regular el uso de la glucosa en el organismo y por lo tanto es esencial en el proceso metabólico.

La insulina trabaja permitiéndole a la glucosa alojarse en las células para que éstas la utilicen como combustible, manteniendo a su vez los niveles de glucosa en la sangre dentro de lo normal

(70 a 110 mg/dl). Las personas con diabetes no producen suficiente insulina para metabolizar la glucosa, o la insulina que producen no trabaja eficientemente, por lo tanto la glucosa no se puede alojar en las células para ser transformadas en energía (metabolismo) y se acumula en la sangre en niveles elevados. La Diabetes es una enfermedad seria, pero las personas diabéticas pueden vivir una vida larga, saludable y feliz si la controlan bien.

Aunque aún no hay una cura para la Diabetes, ésta puede ser controlada. La meta principal en el tratamiento es mantener los niveles de azúcar en la sangre (glicemia) lo más cerca del rango normal como sea posible durante la mayor cantidad de tiempo. Existen tres tipos de diabetes (diabetes tipo 1, diabetes tipo 2, y diabetes gestacional) y el tratamiento depender del tipo de Diabetes.

@ <http://www.diabetesaldia.com/Default.aspx?SecId=28/>

- Escribe los términos del texto que no conoces su significado o que no entiendes bien.
- Señala las ideas del texto que consideras más importantes.
- Discutir en el grupo y contestar: ¿cuáles creéis que son las ideas más importantes que expone el texto?





ALBERTO SIERRA • 3 de octubre de 2006

LA OTRA CARA DE LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

La codicia de la industria farmacéutica ha convertido la enfermedad en un negocio

La globalización ha permitido el desarrollo de una nueva forma de poder, la farmacocracia, capaz de decidir qué enfermedades y qué enfermos merecen cura. El 90% del presupuesto dedicado por las farmacéuticas para la investigación y el desarrollo de nuevos medicamentos está destinado a enfermedades que padecen un 10% de la población mundial.

A pesar de que la ayuda internacional ha aumentado y los precios de los medicamentos han descendido en las últimas décadas, un tercio de la población mundial carece de los cuidados médicos adecuados. La codicia de las multinacionales farmacéuticas, las trabas burocráticas, los aranceles, y la corrupción de los propios

gobiernos de los países empobrecidos hacen que más de 2.000 millones de personas se vean privadas de su derecho a la salud.

Millones de personas en Asia, África y Sudamérica sufren las llamadas enfermedades olvidadas, según la Organización Mundial de la Salud (OMS). Enfermedades como la filiaris linfática, el dengue hemorrágico, la enfermedad del sueño, la oncocercosis o el mal de chagas, que afectan a más de 750 millones de personas y acaban con la vida de más de medio millón cada año. Pandemias que caen en el olvido porque sólo afectan a las comunidades más pobres, víctimas que no tienen el dinero suficiente para pagar un tratamiento que es muy caro, ineficaz o, en muchas ocasiones, inexistente.

@ http://www.solidaridad.net/_articulo4213_enesp.htm



KEYA ACHARYA • Inter Press Service, 21 de diciembre de 2007

La ética no entra al laboratorio

Laboratorios farmacéuticos multinacionales e investigadores están eligiendo con cada vez más frecuencia a India como escenario para sus ensayos clínicos de medicamentos en humanos. La ausencia de regulaciones, la certeza de que no deberán rendir cuentas a nadie, los bajos costos operativos y la amplia disponibilidad de voluntarios para las pruebas son las principales razones que atraen a los laboratorios a este país. Se estima que 40% de todos los ensayos clínicos en

humanos se realizan en América Latina, Asia y Europa Oriental. En 2006, Wemos y el Centro de Estudios de las Corporaciones Multinacionales prepararon un informe sobre 22 ejemplos de ensayos clínicos no éticos, ocho de los cuales se habían realizado en India. Los casos locales incluyen a Sun Pharmaceuticals, Novartis, Novo Nordisk, Solvay Pharmaceuticals, Johnson & Johnson, Pfizer, Otsuka, Shantha Biotechnics y la Universidad Johns Hopkins.

@ http://www.boletinfarmacos.org/012008/etica_y_derecho_generales.asp#La_ética_no_entra_al_laboratorio

Los alumnos buscan en otras páginas de bioética más información relacionada con las noticias. El profesor organiza un debate sobre el tema, en el que los grupos de alumnos argumentarán las posturas de las industrias farmacéuticas, instituciones y organizaciones para la salud, políticas sanitarias, etcétera.

- @ <http://www.bioeticanet.info/>
- @ <http://www.bioeticaweb.com/>
- @ <http://www.ciencytec.com/pc/index.html>
- @ <http://www.biomed.net/biomed/index.htm>
- @ <http://www.aebioetica.org/>
- @ <http://www.ibbioetica.org/es/>



ENRIQUE IAÑEZ PAREJA • *Diario Ideal y Revista Diálogo Iberoamericano*

¿Qué es la clonación?

Si nos referimos al ámbito de la Ingeniería Genética, clonar es aislar y multiplicar en tubo de ensayo un determinado gen o, en general, un trozo de ADN. Sin embargo, Dolly no es producto de Ingeniería Genética. En el contexto a que nos referimos, clonar significa obtener un individuo a partir de una célula o de un núcleo de otro individuo.

En los animales superiores, la única forma de reproducción es la sexual, por la que dos células germinales (óvulo y espermatozoide) se unen, formando un cigoto (o huevo), que se desarrollará hasta dar el individuo adulto. Las células de un animal proceden en última instancia de la división repetida y diferenciación del cigoto. Las células somáticas, que constituyen los tejidos del animal adulto, han recorrido un largo camino “sin retorno”, de modo que, a diferencia de las células de las primeras fases del embrión, han perdido la capacidad de generar nuevos individuos y cada tipo se ha especializado en una función distinta (a pesar de que, salvo excepciones, contienen el mismo material genético).

No es extraño pues el revuelo científico cuando el equipo de Ian Wilmut, del Instituto Roslin de Edimburgo, comunicó que habían logrado una oveja por clonación a partir de una célula diferenciada de un adulto. Esencialmente el método (que aún presenta una

alta tasa de fracasos) consiste en obtener un óvulo de oveja, eliminarle su núcleo, sustituirlo por un núcleo de célula de oveja adulta (en este caso, de las mamas), e implantarlo en una tercera oveja que sirve como “madre de alquiler” para llevar el embarazo. Así pues, *Dolly* carece de padre y es el producto de tres “madres”: la donadora del óvulo contribuye con el citoplasma (que contiene, además mitocondrias que llevan un poco de material genético), la donadora del núcleo (que es la que aporta la inmensa mayoría del ADN), y la que parió, que genéticamente no aporta nada.

Científicamente se trata de un logro muy interesante, ya que demuestra que, al menos bajo determinadas circunstancias, es posible “reprogramar” el material genético nuclear de una célula diferenciada (algo así como volver a poner a cero su reloj, de modo que se comporta como el de un cigoto). De este modo, este núcleo comienza a “dialogar” adecuadamente con el citoplasma del óvulo y desencadena todo el complejo proceso del desarrollo intrauterino.

Extraído del texto de **Enrique Iañez Pareja**. Instituto de Biotecnología, Universidad de Granada, España (*Tras las Huellas de Dolly*). Artículo de opinión publicado en el suplemento Campus del diario *Ideal*, y en la *Revista Diálogo Iberoamericano* del Consejo de Universidades de España e Iberoamérica).

- Señala los términos incluidos en el texto que no podrías explicar bien lo que significan.
- Indica qué afirmaciones o argumentos no crees comprender bien.
- Selecciona una idea de cada párrafo que consideres relevante como síntesis de lo que expone.
- De las ideas que expresa el texto: ¿cuál o cuáles te sorprenden más?
- ¿Hay aspectos sobre los que te gustaría tener más información?
- ¿Qué crees haber aprendido al hacer este análisis?



| ACTIVIDADES PARA
EL AULA 2 |

¿PERO QUÉ HACE UNA CHICA COMO TÚ EN UN SITIO COMO
ÉSTE? LISE MEITNER Y LA FISIÓN NUCLEAR

Juan Fernández-Mayoralas Palomeque

Profesor de Enseñanza Secundaria de Geografía e Historia
IES León Felipe, Torrejón de Ardoz



A.1. Cuestiones para el debate.

Una cuestión debatida: ¿existen marcadas diferencias de comportamiento y psicología entre hombres y mujeres?

Algunos estudios parecen confirmar, por ejemplo, que ciertos tipos de conductas violentas son más frecuentes entre hombres que entre mujeres. En los últimos tiempos, muchos libros de psicología popular han popularizado la existencia de diferentes tipos de inteligencia según los sexos: por ejemplo, los hombres desarrollan más las habilidades relacionadas con el espacio, mientras que entre las mujeres es mayor la habilidad verbal.

He aquí algunas orientaciones para el debate:

- ¿Crees que estas diferencias existen?
- ¿Qué experimentos te parece que se podrían efectuar para confirmar hipótesis sobre este punto?
- ¿Hasta qué punto crees que es la biología, y no el entorno social y la educación, la responsable de esas diferencias?
- El diccionario de la Real Academia sigue el orden alfabético. Sin embargo, no encontramos en él la entrada “Campesina, no”, sino “Campesino, na”. ¿Cómo crees que el lenguaje condiciona la percepción de los fenómenos?



A.2. Los elementos químicos¹.

Empareja el nombre de estos elementos con el significado:

Cromo, Criptón, Tungsteno, Cobre, Radio, Polonio, Silicio, Argón, Yodo.

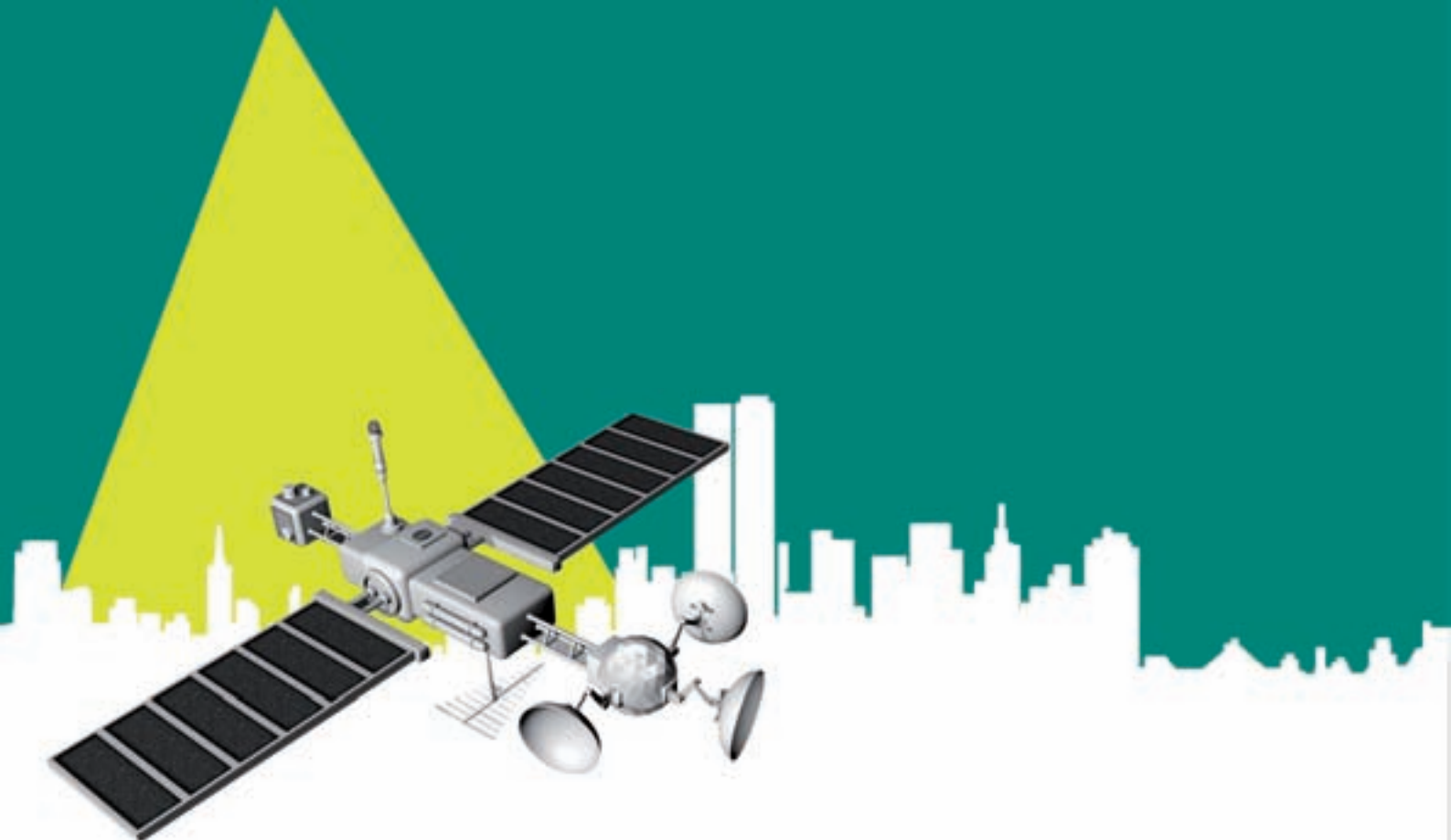
1 “De la isla de Chipre” (griego/latín)	Cobre
2 “(Vapores) de color violeta” (en griego)	Yodo
3 “Escondido” (en griego)	Criptón
4 “Piedra” (en griego)	Litio
5 “Piedra pesada” (“tung sten”, en sueco)	Tungsteno
6 “Guijarro” (en latín)	Silicio
7 “(Que emite) rayos” (en latín)	Radio
8 País de nacimiento de su descubridora	Polonio
9 “(De) color” (griego)	Cromo
10 “Vago, perezoso” (griego)	Argón

¹ Las soluciones de esta actividad aparecen reflejadas en la columna de la derecha.

Cada uno de los científicos que se nombran a continuación tuvo el honor de que un elemento se bautizara con su nombre. Escribe el nombre de ese elemento en la casilla correspondiente a su descubrimiento o invención:

Rutherford, Curie, Meitner, Mendeleiev, Röntgen, Bohr, Lawrence, Einstein, Nobel, Fermi.

1 Teoría de la Relatividad	Einsteinio
2 Elementos radioactivos, como el polonio	Curio
3 Reactor nuclear	Fermio
4 Fisión nuclear	Meitnerio
5 Tabla periódica	Mendelevio
6 Radioactividad	Rutherfordio
7 Dinamita (y fundación/premio)	Nobelio
8 Rayos X	Roentgenio
9 Ciclotón	Laurencio
10 Modelo atómico	Bohrio

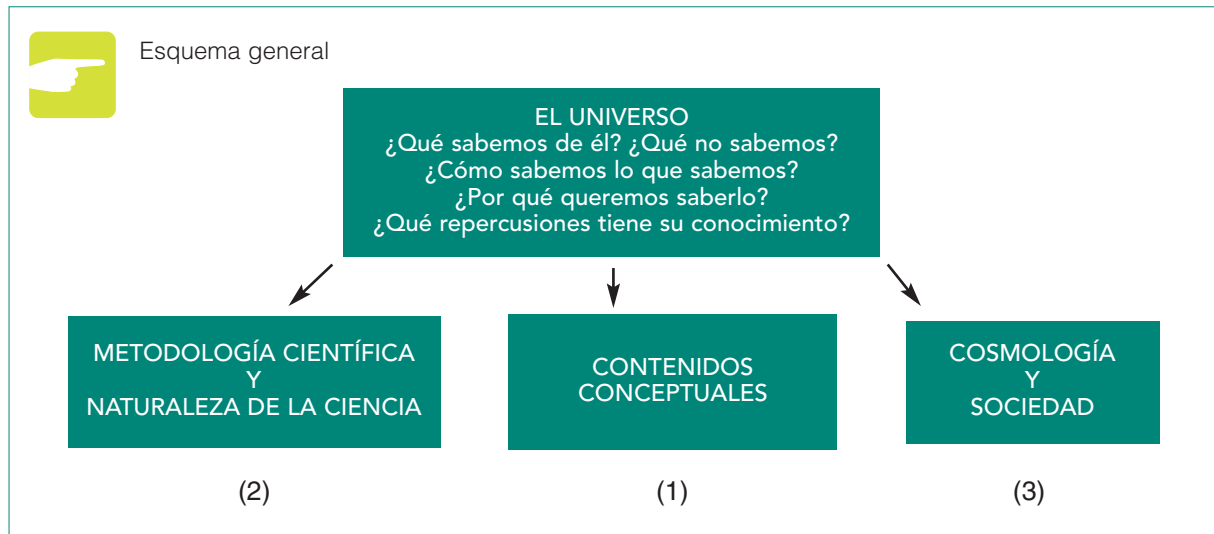


| ACTIVIDADES PARA
EL AULA 3 |

NUESTRO LUGAR EN EL UNIVERSO

Juan Luis García Hourcade
Catedrático de Física y Química
IES Mariano Quintanilla, Segovia

El esquema que siguen ilustran la estructura y contenidos de esta unidad.



| El universo. Qué hay y cómo lo estudiamos

Como material de base para esta unidad se utilizará una película. Para su mejor comprensión, y facilitar el trabajo posterior, necesitaremos manejar algunas nociones y conceptos que aparecen y se usan lo largo del filme.



A.1. Indica cuáles de las nociones y conceptos que se presentan en el cuestionario (todos ellos son citados una o más veces en la película) te resultan conocidas e intenta dar una explicación de lo que entiendes por ellas.

Concepto	¿Conocido? Sí/No	Explicación
<i>Radiotelescopio</i>		
<i>Púlsar</i>		
<i>Agujero negro</i>		
<i>Nebulosa</i>		
<i>Quásar</i>		
<i>Constelación</i>		
<i>Planeta</i>		
<i>Supernova</i>		
<i>Ascensión recta y declinación</i>		
<i>Análisis espectral</i>		
<i>Relatividad</i>		
<i>Año luz</i>		
<i>Proyecto SETI</i>		
<i>Agujero de gusano</i>		



A.2. Busca el significado y, en su caso, la explicación de los conceptos que se indican. Puedes hacerlo buscando en Internet o, si lo prefieres, en libros o enciclopedias.

Puedes usar las siguientes direcciones de Internet:

Portal de astronomía de Wikipedia: @ es.wikipedia.org

Exploremos el universo: @ www.astroverada.com

Astronomía educativa: @ www.astromia.com/index.htm

Blog “Bitácora estelar”: @ weblogs.madrimasdorg/astrofisica



A.4. En la noticia periodística que se te presenta aparecen referencias a la observación del espacio. Señálalas e intenta dar un significado a las mismas.



A.7. Busca y colecciona imágenes de espectros de distintos elementos químicos. Y comenta los textos que se presentan a continuación.



A.8. En la película se cita en un momento dado el agujero negro de M81. Busca información sobre qué puede ser ese M81 y relacionalo con los conceptos conocidos de “ascensión recta” y “declinación”. Elabora un breve informe sobre los “catálogos de estrellas”.



A.9. Elabora un informe en el que incluyas las nociones o conceptos científicos reconocidos, los aspectos que no has entendido, aquello que más te ha interesado, cosas que te haya sugerido y una valoración global de la misma.



A.11. En la película se habla del Proyecto SETI. Investiga qué es ese proyecto y realiza un informe sobre su origen y fundamentos, así como sus características esenciales y su situación actual. Puedes apoyarte en el texto de Carl Sagan.



A.12. La protagonista, tal como parece que puede indicar el hecho de que la cámara haya registrado un tiempo de grabación de 18 horas, ha podido estar viajando durante ese tiempo y, sin embargo, todos los presentes han visto que el proceso no ha durado más que la caída de la cápsula. ¿Qué sentido tiene esta especie de dilema que se deja “caer” al final de la película?

| La ciencia, los científicos y sus métodos



A.13. En un momento de la película, la protagonista dice: “Las matemáticas son el único lenguaje universal”. ¿Qué puede significar esto? Haced propuestas.



A.14. Lee y analiza, a la luz de la actividad anterior, las imágenes y textos siguientes, extrayendo conclusiones.



A.15. En dos momentos del filme se cita un “mecanismo” típico del modo de trabajar científico que denominan “la navaja de Ockam”.

Investiga en qué consiste y realiza un breve informe en el que se exprese también vuestra opinión de ese “mecanismo” y su científicidad.



A.16. Las siguientes son citas de científicos reconocidos. ¿Reconoces en ellas “mecanismos científicos” del estilo del de “la navaja de Ockam”? Coméntalas y presenta un breve informe.



A.17. ¿Están autorizados los científicos a utilizar este tipo de conceptos a priori? ¿Qué diferencias se pueden señalar entre el uso de estas nociones “orientadoras” en ciencia y hacerlo en otras actividades? Haz un breve informe con tu parecer.



A.18. Señala algunas características del trabajo científico que se pongan de manifiesto a lo largo de la película.



A.19. Lee los siguientes textos de Albert Einstein y analízalos a la luz de las consideraciones que se han venido haciendo en las actividades anteriores.

| La ciencia, ¿una torre de marfil?



A.21. Señala el modo en que, en distintos momentos, se manifiesta en la película que la ciencia es una actividad sometida a presiones financieras. ¿Cuáles estimas que son las causas de esas presiones?



A.22. Señala los momentos en que, en la película, se ponga de manifiesto la relación entre la actividad científica y “otros poderes”.



A.23. Redacta un pequeño informe en el que se caracterice y diferencie la ciencia básica de la ciencia aplicada o tecnología.



A.24. Busca información y redacta un informe sobre lo que es I+D e I+D+i.



A.25. Busca información y redacta un informe sobre la financiación pública/privada de la ciencia en España.



A.26. Señala los momentos en que en la película se evidencian los posibles problemas o conflictos entre las ideas científicas y otras ideas.



A.27. ¿Son compatibles el progreso científico y tecnológico con el desarrollo humano hacia una vida mejor? ¿Tiene la tecnología la culpa de los males de la sociedad y del deterioro del planeta? Expresa tu parecer a la vista de lo que se lleva visto y comentado hasta este momento.



A.28. ¿La ciencia y la religión son modos incompatibles de ver el mundo? ¿Tiene la ciencia algo que decir a la religión? ¿Y la religión a la ciencia? Expresa tu opinión por escrito de un modo fundamentado.



A.29. ¿Sería el descubrimiento de civilizaciones extraterrestres, aunque no se llegara a entrar en contacto con ellas, el “más grande de la historia de la humanidad”, tal como se dice en la película? ¿Qué repercusiones podría tener? Redacta en no más de un folio tu opinión sobre este asunto.



A.30. En este momento se deberá recuperar el documento que se debió elaborar en la realización de la actividad A.10 y repensarlo, extrayendo conclusiones sobre los posibles cambios que se hayan dado en la percepción de los alumnos en relación a estos temas.



ALICIA RIVERA • *El País* • Madrid, 8 de febrero de 2008

A.4.

Madrid controla el cielo

Cinco misiones se coordinan ya desde el nuevo centro de la Agencia Europea del Espacio en la capital

Las misiones espaciales necesitan centros de control, puntos neurálgicos en la Tierra desde donde se envían las órdenes de operación y donde se recibe toda la información que las naves en órbita recaban. Ahora, cinco de esas misiones que están investigando el universo se controlan desde Madrid, desde el nuevo Centro Europeo de Astronomía Espacial (ESAC) que la Agencia Europea del Espacio (ESA) inauguró ayer en Villanueva de la Cañada.

“ESAC es un centro de excelencia, de muy alto nivel, donde vamos a hacer cada vez más ciencia, creando un intercambio productivo con las universidades y otras instituciones españolas”, comentó ayer el director de la ESA, Jean Jacques Dordain a EL PAÍS, desde Florida, donde siguió el lanzamiento del laboratorio *Columbus*.

Un telescopio que ve el universo en rayos X (*XMM-Newton*), otro (*Herschel*) que capta la radiación infrarroja de estrellas o

galaxias que se están formando en el cosmos, una nave que viaja actualmente hacia un cometa (*Rosetta*) y dos sondas planetarias, una en Marte (*Mars Express*) y otra en Venus (*Venus Express*), dependen de ESAC. Este año se lanzarán tres nuevas misiones científicas de la ESA que se controlarán asimismo desde allí.

“Esto es una ventana abierta al universo entero, a todas las galaxias, a todas las estrellas y planetas, desde el inicio del Big Bang hasta ahora. Es muy importante para España, para Europa y para la colaboración internacional”, dijo David Southwood, director científico de la ESA en la inauguración de ESAC, presidida por los Príncipes de Asturias.

ESAC, donde trabajan 216 personas, es un centro único en Europa que aún e impulsa las misiones científicas hasta ahora dispersas en diferentes centros. Las instalaciones de Villanueva de la Cañada nacieron en 1974 como estación de seguimiento de satélites.



ALICIA RIVERA • *El País* • El Escorial, 6 de junio de 2007

A.4.

España y Rusia ultiman con sus socios los detalles del futuro telescopio ultravioleta

A los astrónomos les interesa mucho observar el cielo en todas las longitudes de onda, no sólo en la parte directamente visible, y antes, cuando no podían hacerlo, tenían una visión muy restringida del universo. Por ello recurren a telescopios e instrumentos especializados en mirar en rayos X, en gamma, en ultravioleta, en infrarrojo y en radio, unos en tierra y otros necesariamente en el espacio (si la radiación que captan es interceptada por la atmósfera). En ultravioleta, por ejemplo, se registra especialmente bien

la composición química de muchos cuerpos celestes, así como fenómenos de alta temperatura. Sin embargo, destacan los astrónomos especialistas en ultravioleta, ahora mismo no hay más que un telescopio de este rango, el *Hubble*, que dejará de funcionar alrededor de 2012, y su descendiente, el *James Webb*, será un observatorio infrarrojo.

Por ello, astrónomos de todo el mundo han ido trabajando y coordinándose en los últimos años en torno al reto de poner en órbita

sigue>

>continúa

A.4.

un nuevo telescopio espacial ultravioleta. El desafío de hacerlo lo han asumido Rusia y España, como primeros socios del World Space Observatory (WSO), misión de astronomía ultravioleta a la que se han incorporado ya Alemania, Italia, China y Ucrania. Los expertos de todos los socios, junto con otros especialistas mundiales, se reunieron la semana pasada en El Escorial, en el congreso *Astronomía espacial: la ventana ultravioleta al universo*. Además de discutir los detalles del futuro telescopio y la ciencia que con él podrán hacer, los científicos dedicaron la reunión al astrónomo holandés afincado en España Willem Wamsteker, *padre* del WSO y su máximo impulsor hasta su muerte en 2005.

El WSO tendrá un espejo principal de 1,7 metros de diámetro y se colocará en órbita a 40.000 kilómetros de altura. Deberá funcionar al menos cinco años y, posiblemente, 10. La fecha de lanzamiento está entre 2010 y 2012, informó Ana Inés Gómez de Castro, coordinadora de la parte científica española en la misión.

La participación de España a la hora de desarrollar y construir equipos se centrará en el llamado segmento de tierra, es decir, en los sistemas de control, orientación y recepción de datos del telescopio, informó Manuel Serrano, del Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial (CDTI, Ministerio de Industria). También habrá expertos españoles implicados en la preparación de las cámaras y espectrógrafos, añadió Gómez de Castro. El coste de la misión ronda los 300 millones de euros.

El investigador principal del WSO es el científico ruso Boris Shustov, quien explicó en El Escorial que el telescopio es heredero avanzado de un proyecto soviético que nunca vio la luz, un telescopio ultravioleta que debía haber sustituido al *Astron*, pero que fue víctima de los tremendos recortes presupuestarios que sufrió la actividad espacial de su país en los años noventa. “Teníamos prototipos del telescopio, incluso ensayados en parte”, explicó Shustov. “Ahora tenemos la financiación necesaria para nuestra participación en el WSO”. Rusia se encargará de la plataforma del observatorio y el lanzador.

“La evolución de las galaxias y el medio intergaláctico son dos objetivos especialmente interesantes del ultravioleta”, explicó el científico ruso. “Hay que tener en cuenta que sólo el 4% de todo

lo que existe en el universo es materia ordinaria, visible, el resto es materia oscura y energía oscura; y de ese 4%, la mitad, el 2% de lo que vemos, se observa en el ultravioleta, la mayor parte del universo emite en ultravioleta”, comentó Shustov.

“Hay que poner el telescopio en el espacio porque, afortunadamente para la vida, la atmósfera terrestre es opaca en gran medida para el ultravioleta”, argumentó Gómez de Castro. Galaxias desde que estaban casi formadas hasta ahora, la composición y distribución de la materia intergaláctica y la atmósfera de exoplanetas fueron ejemplos que puso esta científica de la Universidad Complutense al describir los intereses de los astrónomos.

Muchos de los científicos que ahora esperan el WSO utilizaron el que fue uno de los telescopios más fructíferos, el International Ultraviolet Explorer (IUE), de la NASA y la ESA, que funcionó desde 1978 a 1996. Pero ahora parece haber ganado protagonismo la astronomía en infrarrojo, rango idóneo para observar tanto las galaxias más lejanas como los cuerpos fríos que son los exoplanetas o las regiones de formación estelar veladas por polvo y gas. “El infrarrojo está bien, pero muchas cosas requieren el ultravioleta, por ejemplo la identificación en cuerpos celestes de elementos como el carbono, el nitrógeno, el oxígeno, el manganeso, el azufre, etcétera”, advirtió en El Escorial el estadounidense Jeffrey Linsky, una de las personalidades científicas más destacadas del mundo en esta rama de la astronomía y diseñador de instrumentos del *Hubble*.

“No olvide que diseñamos instrumentos astronómicos para unos objetivos científicos determinados y, a menudo, lo más interesante es precisamente lo que no se predijo, lo inesperado”, añadió. Él comentó que hay muchos científicos estadounidenses interesados en la astronomía ultravioleta, y en el mismo WSO, y que no podía explicarse la ausencia de su país en la misión. “No lo sé, no represento a la NASA”, dijo.

La que sí se ha implicado es la Agencia Espacial Italiana (ASI), a través de la cual Isabella Pagano y Salvo Scuderi —la primera ocupándose de la ciencia y el segundo del desarrollo tecnológico— aúnan los intereses de la comunidad astronómica ultravioleta de su país en el WSO. Ellos se encargan de desarrollar uno de los instrumentos, con tres cámaras.



JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON • *El País*, 9 de enero de 2005 (extracto de una entrevista)

A.7.

“Hace alrededor de 13.500 millones de años se produjo una gran explosión que denominamos Big Bang, el Gran Estallido. La física no es capaz de explicar el porqué de esa explosión; y acaso no seamos capaces de explicarlo nunca. Pero no me parece pequeño logro el haber sido capaces de descubrirlo, una historia en la que se distinguió Edwin Hubble, que demostró en 1930 que el universo está en expansión.

Inmediatamente después de aquella gran explosión se formaron las partículas elementales y luego los elementos químicos más

ligeros, hidrógeno y helio principalmente, que a su vez dieron lugar a nubes estelares y galaxias y a objetos como las estrellas de primera generación. Cuando la vida de estas estrellas se acabó, algunas explotaron, como supernovas, lanzando al espacio esos elementos más pesados.

Los humanos somos en buena medida, en torno al 70% u 80%, agua, esto es, hidrógeno y oxígeno. Pero también estamos constituidos por elementos pesados como el carbono, el hierro o el sodio. Dicho de otra manera: **todos hemos estado en el interior de alguna estrella.**”



MÓNICA G. SALOMONE • *El País*. Astronomía, Madrid, 20 de junio de 2007

A.7.

“Explosiones estelares en el universo primitivo”. Una hipótesis sobre las primeras novas explica un misterio de los meteoritos

Para los astrónomos la frase “somos polvo de estrellas” tiene un sentido tan literal que se preguntan ¿de qué estrellas exactamente? Casi todos los elementos químicos en el universo —excepto unos pocos originados en el Big Bang y poco después— han sido fabricados por las estrellas y reinyectados al espacio interestelar de forma suave o mediante explosiones termonucleares. Cuanto más energética es la explosión, más variada es la paleta química que se genera.

Se conocen diversos tipos de explosiones termonucleares estelares, como las supernovas o las novas clásicas. Un grupo español propone ahora un nuevo tipo de explosión a medio camino entre novas y supernovas: las novas primordiales. Serían las novas de la primera generación de estrellas formadas tras el Big Bang. Con esta propuesta cambia el tipo de elementos químicos cuyo origen se atribuye a las novas. El trabajo, que se publica ahora en *The Astrophysical Journal Letters*, “es el primero sobre las primeras explosiones de novas en el universo primitivo”, explica el primer autor, Jordi José, de la Universidad Politécnica de Cataluña (UPC). Las novas son explosiones modestas en sistemas compuestos por una enana blanca y una estrella compañera. La enana blanca va absorbiendo materia de su compañera hasta que se produce la explosión. Hasta ahora, en los modelos de nova siempre se había supuesto que tanto la enana blanca como la compañera eran de una

generación similar a la del Sol, y por tanto de composición parecida. La composición química de una estrella varía según cuándo se ha formado ésta: poco después del Big Bang, el material disponible para hacer estrellas era fundamentalmente hidrógeno y helio, pero con el tiempo las propias estrellas produjeron otros elementos y el gas interestelar —materia prima para hacer más estrellas— se enriqueció: la química de las estrellas formadas más tarde es mucho más variada. José y sus colegas Enrique García-Berro (UPC), Margarita Hernanz (CSIC) y Pilar Gil (UPC) se preguntaron cómo serían las novas en las primeras estrellas formadas en el universo, unos 200 millones de años después del Big Bang. Tras elaborar varios modelos concluyeron que las novas primordiales deben ser al menos 10 veces más energéticas que las clásicas. La razón es que, por la distinta composición química de la estrella, en una enana blanca primitiva debe acumularse mucho más material para que se produzca la explosión. Y más material implica una explosión más energética.

Del calcio al titanio

Como la energía es mayor, también los elementos químicos que se generan en las novas primordiales son distintos. En una nova normal se sintetizan elementos hasta el calcio; en una primordial se llega más allá en la tabla periódica, hasta el cinc. Para los autores, las novas primordiales permitirían explicar el origen de cierto tipo de granos

sigue>

>continúa

microscópicos presentes en meteoritos. Se trata de granos con abundancias muy parecidas a las predichas en modelos de novas y, por tanto, probablemente formados en estas explosiones, pero contienen además titanio, cuya síntesis requiere de una explosión más energética

que una nova convencional. Además, el pasado mayo se anunció en *Nature* la detección de una explosión de energía justamente a medio camino entre novas y supernovas. José, cuya propuesta es anterior a esta detección, cree que podría ser un ejemplo de nova primordial.



Edwin Hubble (20 de noviembre de 1889-28 de septiembre de 1953) fue uno de los más importantes astrónomos estadounidenses del siglo XX, famoso principalmente por haber demostrado la expansión del universo midiendo el desplazamiento al rojo de galaxias distantes. Hubble es

considerado el padre de la cosmología observacional aunque su influencia en astronomía y astrofísica toca muchos otros campos.

Era un hijo de un abogado y él mismo estaba destinado a ejercer la carrera legal. Estudió Derecho, pero se interesó por la astronomía y cursó estudios en la Universidad de Chicago, centrándose en matemáticas y astronomía, licenciándose en 1910.

Al volver de su servicio en la Primera Guerra Mundial, en 1919, le fue ofrecido un puesto en el nuevo observatorio del monte Wilson, donde tenía acceso a una telescopio de 254 centímetros, por ese entonces, el más potente del mundo. Con él llevó a cabo su trabajo y realizó todas sus observaciones.

Desde el inicio del siglo XX la astronomía estaba en revolución, pero el 30 de diciembre de 1924 Edwin Hubble amplió las fronteras

del universo conocido de un modo como quizá antes no se había hecho. Hasta el momento, no se conocía nada “más allá” de la Vía Láctea. Sin embargo, y tras cinco años de trabajo en el observatorio astronómico del Monte Wilson (California), Hubble comunicó uno de los descubrimientos más asombrosos de la historia de la humanidad: la existencia de más galaxias aparte de la nuestra.

El sistema solar al que pertenecía la Tierra no sólo era uno más en medio de un grupo de miles de millones de estrellas, sino que dicho grupo (la Vía Láctea) era también uno entre bastantes similares. No era la primera vez que el hombre era consciente de su pequeñez. Desde la aceptación del heliocentrismo (que dejaba a la Tierra en un segundo plano frente al Sol), al descubrimiento de otros (y más grandes) planetas, pasando porque nuestro sistema solar sea tan sólo uno más en la inmensidad del cosmos. Y ahora esto: *nuestra galaxia no era la única.*

Tras otros cinco años de trabajo, en 1929 Hubble propuso su ley (llamada “Ley de Hubble” en su honor) en la que expone que el “desplazamiento al rojo” de la luz proveniente de las galaxias es proporcional a su distancia, lo que implicaba algo asombroso: el universo no es un conjunto de estrellas y galaxias quieto y estático sino que se expande.

A.7.



STEPHEN HAWKING • *Agujeros negros y pequeños universos* (extracto)

A.8.

Aunque el concepto de lo que ahora denominamos agujero negro fue introducido hace más de doscientos años, el nombrado data sólo de 1967 y su autor fue el físico norteamericano John Wheeler. Constituyó un golpe de genio; aquel nombre garantizó la entrada de los agujeros negros en la mitología de la ciencia-ficción.

Estimuló además la investigación científica al proporcionar un término definido a algo que antes carecía de un título satisfactorio (...) Por lo que conozco, el primero en referirse a los agujeros negros fue alguien de Cambridge llamado John Michell, que redactó un trabajo sobre este asunto en 1783. Su idea era ésta: supongamos

sigue>

>continúa

que disparamos verticalmente una granada de cañón desde la superficie terrestre. A medida que se remonte, disminuirá su velocidad por efecto de la gravedad. Acabará por interrumpir su ascensión y retornará a la superficie. Pero si supera una cierta velocidad crítica, jamás dejará de ascender para caer, sino que continuará alejándose. Esta velocidad crítica recibe el nombre de velocidad de escape. Es de unos 11,2 kilómetros por segundo en la Tierra y de unos 160 kilómetros por segundo en el Sol. Ambas velocidades son superiores a la velocidad de una auténtica granada de cañón, pero muy inferiores a la velocidad de la luz, 300.000 kilómetros por segundo. Eso significa que la gravedad no ejerce gran efecto sobre la luz; ésta puede escapar sin dificultad de la Tierra o del Sol. Pero Michell razonó que sería posible la existencia de una estrella con masa suficientemente grande y tamaño suficientemente pequeño para que su velocidad de escape fuera superior a la de la luz. No conseguiríamos ver semejante estrella porque no nos llegaría la luz de su superficie; quedaría retenida por el campo gravitatorio del astro. Sin embargo, podremos detectar la presencia de la estrella por el efecto que su campo gravitatorio ejerza en la materia próxima.

No es realmente consecuente tratar a la luz como granadas de cañón. Según un experimento llevado a cabo en 1897, la luz viaja siempre a velocidad constante. ¿Cómo entonces puede reducirla la gravedad? Hasta 1915, cuando Einstein formuló la teoría general de la relatividad, no se dispuso de una explicación consistente del modo en que la gravedad afecta a la luz. Aun así, hasta la década de los sesenta no se entendieron generalmente las inferencias de esta teoría para estrellas viejas y otros astros enormes.

Según la relatividad general, cabe considerar el espacio y el tiempo juntos como integrantes de un espacio cuatridimensional denominado espacio-tiempo. Este espacio no es plano; se halla distorsionado o curvado por la materia y la energía que contiene (...) En el caso de la luz que pasa próxima al Sol, la curvatura es muy pequeña. Pero si éste se contrajera hasta tener sólo un diámetro de unos pocos kilómetros, la curvatura sería tan grande que la luz no podría escapar y se quedaría retenida por el campo gravitatorio del Sol. Según la teoría de la relatividad, nada puede desplazarse a velocidad superior a la de la luz, así que existiría allí una región de la que nada puede escapar. Esta región recibe el nombre de agujero negro (...)

Puede que parezca ridículo enunciar la posibilidad de que el Sol se contraiga hasta tener sólo un diámetro de unos cuantos kilómetros. Cabría pensar que no es posible una contracción tal de la materia. Pero resulta que sí puede serlo.

El Sol posee su tamaño actual porque está muy caliente. Consume hidrógeno para transformarlo en helio, como una bomba H bajo control. El calor liberado en este proceso genera una presión que permite al Sol resistir la atracción de su propia gravedad, que trata de empujarlo.

Con el tiempo, sin embargo, el Sol agotará su combustible nuclear. Esto no sucederá hasta dentro de 5.000 millones de años, así que no es preciso apresurarse a reservar billetes para un vuelo con destino a otra estrella. Pero astros más grandes que el Sol quemarán su combustible con una rapidez mucho mayor. Cuando lo consuman, empezarán a perder calor y a contraerse. Si su tamaño es inferior a dos veces la masa del Sol, acabarán por dejar de contraerse y alcanzarán un estado estable. Uno de tales estados es el llamado de enana blanca. Estas estrellas poseen un radio de unos cuantos miles de kilómetros y una densidad de centenares de toneladas por centímetro cúbico. Otro de tales estados es el de la estrella de neutrones. Estos astros tienen un radio de unos 15 kilómetros y una densidad de millones de toneladas por centímetro cúbico.

Conocemos numerosas enanas blancas en nuestro sector de la galaxia. Pero las estrellas de neutrones no fueron observadas hasta 1976, cuando Jocelyn Bell y Antay Hewish, en Cambridge, descubrieron unos objetos denominados pulsares que emitían vibraciones regulares de ondas de radio. Al principio se preguntaron si habrían establecido contacto con una civilización alienígena. Sin embargo, al final, ellos y todos los demás llegaron a la conclusión menos romántica de que esos objetos eran estrellas de neutrones en rotación, lo cual constituyó una mala noticia para los autores de westerns espaciales, pero fue una buena información para los pocos que entonces creíamos en los agujeros negros. Si algunas estrellas podían contraerse hasta tener un diámetro de 20 o 30 kilómetros y convertirse en estrellas de neutrones, cabía esperar que otras se contrajeran aún más para convertirse en agujeros negros.



A.14.

6. Las dos imágenes siguientes corresponden a un fragmento del retablo de la Colegiata Basílica de Santa María, de Manresa, y a una obra, de alrededor a 1825, del pintor, poeta, visionario y místico William Blake; en ambas se representa a Dios.



Dios Geometra
románico

Dios arquitecto



7. “La filosofía está escrita en ese grandísimo libro que continuamente tenemos abierto ante los ojos (quiero decir el universo), pero no se puede entender si antes no se aprende a entender la lengua en que está escrito. Está escrito en lengua matemática y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es imposible entender ni una palabra; sin ellos es como girar vanamente en un oscuro laberinto” (Galileo Galilei (1623): *Il Saggiatore* [El ensayador]).
8. “Es mi intención, lector, demostrar en este pequeño libro que el Creador Óptimo Máximo, al crear este mundo móvil y en la disposición de los cielos se atuvo a los cinco cuerpos regulares que han sido tan famosos desde los días de Pitágoras y Platón hasta los nuestros y también que en función de su naturaleza ajustó su número, sus proporciones y la razón de sus movimientos” (Johannes Kepler (1596): *El secreto del universo*).
9. “Puede existir, al estilo del contrapunto comúnmente usado, una consonancia musical entre los seis planetas. Según esto, los movimientos de los cielos no son sino cierta polifonía sempiterna (inteligible, no audible)...” (Johannes Kepler (1619): *La armonía del mundo*).
10. “Estoy convencido de que podemos descubrir por medio de construcciones puramente matemáticas los conceptos que proporcionan la llave para la comprensión de los fenómenos naturales, y las leyes que los relacionan. El principio creador reside en las matemáticas” (Albert Einstein (1933): *Conferencia en Oxford*).

GALILEO GALILEI • *Biografía*

A.14.

Galileo Galilei nació en Pisa el 15 de febrero de 1564. Su padre fue Vincenzo Galilei, compositor y teórico de la música.

En 1581 Galileo ingresó en la Universidad de Pisa, adonde su familia se trasladó proveniente de Florencia, matriculándose como estudiante de Medicina por voluntad de su padre. Cuatro años más tarde, sin embargo, abandonó la universidad sin haber obtenido ningún título, aunque con un buen conocimiento de Aristóteles y, sobre todo, con la decisión de dedicarse al estudio de las matemáticas, aunque interesado también por la filosofía y la literatura.

En 1589 consiguió una plaza en el Estudio de Pisa, donde compuso un texto sobre el movimiento en el que criticaba las explicaciones aristotélicas de la caída de los cuerpos y del movimiento de los proyectiles; en continuidad con esa crítica, la tradición ha forjado la anécdota (hoy generalmente considerada como inverosímil) de Galileo refutando materialmente a Aristóteles mediante el procedimiento de dejar caer distintos pesos desde lo alto de la famosa torre inclinada de Pisa, ante las miradas contrariadas de los peripatéticos...

En 1592 fue elegido para la cátedra de Matemáticas de la Universidad de Padua, en la rica y libre república de Venecia, pero la reciente muerte de su padre, que significó para Galileo la obligación de responsabilizarse de su familia y atender a las dotes de sus hermanas Virginia y Livia y el nacimiento de sus tres hijos, Virginia (1600), Livia (1601) y Vincenzo (1606), habidos de su unión con Marina Gamba, que duró de 1599 a 1610 y con quien no llegó a casarse, aumentaron la necesidad de dinero por lo que debió dar clases particulares y diseñar instrumentos técnicos que vendía.

En julio de 1609, de visita en Venecia (para solicitar un aumento de sueldo), Galileo tuvo noticia de un nuevo instrumento óptico que un holandés había presentado al príncipe Mauricio de Nassau; se trataba del antejo, cuya importancia práctica captó Galileo inmediatamente, dedicando sus esfuerzos a mejorarlo hasta hacer de él un verdadero telescopio. Aunque declaró haber conseguido perfeccionar el aparato merced a consideraciones teóricas sobre los principios ópticos que eran su fundamento, lo más probable es que lo hiciera mediante sucesivas tentativas prácticas que, a lo sumo, se apoyaron en algunos razonamientos muy sumarios.

Galileo fue el primero que convirtió el aparato (que no era más que un juguete o curiosidad para los nobles) en un provecho científico decisivo. En efecto, entre diciembre de 1609 y enero de 1610, Galileo realizó con su telescopio las primeras observaciones de la Luna, interpretando lo que veía como prueba de la existencia en nuestro satélite de montañas y cráteres que demostraban su comunidad de naturaleza con la Tierra; las tesis aristotélicas tradicionales acerca de la perfección del mundo celeste, que exigían la completa esfericidad de los astros, quedaban puestas en entredicho. El descubrimiento de cuatro satélites de Júpiter contradecía, por su parte, el principio de que la Tierra tuviera que ser el centro de todos los movimientos que se produjeran en el cielo. En cuanto al hecho de que Venus presentara fases semejantes a las lunares, que Galileo observó a finales de 1610, le pareció que aportaba una confirmación empírica al sistema heliocéntrico de Copérnico, ya que éste, y no el de Tolomeo, estaba en condiciones de proporcionar una explicación para el fenómeno.

Ansioso por dar a conocer sus descubrimientos, Galileo redactó a toda prisa un breve texto que se publicó en marzo de 1610 y que no tardó en hacerle famoso en toda Europa: el *Sidereus Nuncius*, el “mensajero sideral” o “mensajero de los astros”.

El libro estaba dedicado al gran duque de Toscana Cósimo II de Médicis, y en su honor los satélites de Júpiter recibían allí el nombre de “Planetas Medíceos”. Con ello se aseguró Galileo su nombramiento como matemático y filósofo de la corte toscana y la posibilidad de regresar a Florencia, por la que venía luchando desde hacía ya varios años. El empleo incluía una cátedra honoraria en Pisa, sin obligaciones docentes, con lo que se cumplía una esperanza largamente abrigada y que le hizo preferir un monarca absoluto a una república como la veneciana.

Pronto surgieron ataques de sus adversarios académicos y las primeras muestras de que sus opiniones podían tener consecuencias conflictivas con la autoridad eclesiástica. Ante ello la postura adoptada por Galileo fue la de defender (en una carta dirigida a mediados de 1615 a la gran duquesa Cristina de Lorena) que, aun admitiendo que no podía existir contradicción ninguna entre las Sagradas Escrituras y la Ciencia, era preciso establecer la absoluta independencia entre la fe católica y los hechos científicos.

sigue>

>continúa

A.14.

Ahora bien, como hizo notar el cardenal Bellarmino, no podía decirse que se dispusiera de una prueba científica concluyente en favor del movimiento de la Tierra, el cual, por otra parte, estaba en contradicción con las enseñanzas bíblicas; en consecuencia, no cabía sino entender el sistema copernicano como hipotético. En este sentido, el Santo Oficio condenó el 23 de febrero de 1616 al sistema copernicano como “falso y opuesto a las Sagradas Escrituras”, y Galileo recibió la admonición de no enseñar públicamente las teorías de Copérnico.

En 1618 se vio envuelto en una nueva polémica con otro jesuita, Orazio Grassi, a propósito de la naturaleza de los cometas, que dio como resultado un texto *Il Saggiatore* (1623), rico en reflexiones acerca de la naturaleza de la ciencia y el método científico, que contiene su famosa idea de que “el *Libro de la Naturaleza* está escrito en lenguaje matemático”. La obra, editada por la Accademia dei Lincei, venía dedicada por ésta al nuevo papa Urbano VIII, es decir, el cardenal Maffeo Barberini, cuya elección como pontífice llenó de júbilo al mundo culto en general y, en particular, a Galileo, a quien el cardenal había ya mostrado su afecto. Este nombramiento pareció a Galileo índice de una apertura en la Iglesia católica y entonces redactó la gran obra de exposición de la cosmología copernicana que ya había anunciado en 1610: *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo, tolemaico e copernicano* (*Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo, tolemaico y copernicano*); en ella, los puntos de vista aristotélicos defendidos por Simplicio se confrontaban con los de la nueva astronomía abogados por Salviati, en forma de diálogo moderado por Sagrado, personaje que representaría al hombre libre de prejuicios previos. En esta obra, la inferioridad de Simplicio ante Salviati era tan manifiesta que el Santo Oficio no dudó en abrirle un proceso a Galileo, pese a que éste había conseguido un imprimátur para publicar el libro en 1632. Iniciado el 12 de abril de 1633, el proceso terminó con la condena a prisión perpetua,



pese a la renuncia de Galileo a defenderse y a su retractación formal. La pena fue suavizada al permitírsele que la cumpliera en Arcetri, cercano al convento donde en 1616, y con el nombre de sor María Celeste, había ingresado su hija más querida, Virginia, que falleció en 1634.

En su retiro, donde a la aflicción moral se sumaron las del artritismo y la ceguera, Galileo consiguió completar la última y más importante de sus obras: *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze*, publicado en Leiden por Luis Elzevir en 1638. En ella, partiendo de la discusión sobre la estructura y la resistencia de los materiales, Galileo sentó las bases físicas y matemáticas para un análisis del movimiento, que le permitió demostrar las

leyes de caída de los graves en el vacío y elaborar una teoría completa del disparo de proyectiles. La obra estaba destinada a convertirse en la piedra angular de la ciencia de la mecánica construida por los científicos de la siguiente generación, con Newton a la cabeza.

En la madrugada del 8 al 9 de enero de 1642, Galileo falleció en Arcetri confortado por dos de sus discípulos, Vincenzo Viviani y Evangelista Torricelli, a los cuales se les había permitido convivir con él los últimos años.

“Yo, Galileo, hijo del difunto Vincenzo Galilei, florentino, con setenta años de edad, acusado ante este tribunal y arrodillado ante ustedes, Eminentísimos y Reverendísimos Se-

ñores Cardenales Inquisidores Generales, contra la herética depravación de toda la comunidad cristiana, teniendo ante mis ojos y tocando con mis manos los Sagrados Evangelios, juro que siempre he creído, creo y, con la ayuda de Dios, creeré en el futuro, en todo lo que sostiene, predica y enseña la Santa Iglesia Católica y Apostólica, pero después de haberseme ordenado por este Santo Oficio que abandone por completo la falsa noción de que el Sol es el centro del mundo, así como que no debo sostener, defender ni enseñar en modo alguno, oralmente ni por escrito, dicha falsa doctrina y después de haberseme notificado que

sigue>

>continúa

A.14.

dicha doctrina era contraria a las Sagradas Escrituras, escribí e imprimí un libro en que expuse esta nueva doctrina ya condenada y aduje argumentos de gran fuerza a su favor sin presentar solución alguna para ellos, por lo que el Santo Oficio ha declarado que hay contra mí la vehemente sospecha de herejía, es decir, de que he sostenido y creído que el Sol es el centro del mundo e inmóvil mientras que la Tierra no es el centro y se mueve.

Por tanto, deseando borrar de las mentes de sus Eminencias y de todos los fieles cristianos esta vehemente sospecha justamente concebida contra mí, de corazón sincero y una fe que no finjo, abjuro, maldigo y detesto los antedichos errores y herejías y, en general, cualquier otro error, herejía o secta contraria a la Santa Iglesia y juro que en lo futuro nunca volveré a decir y afirmar, de

palabra ni por escrito, nada que pudiera dar ocasión a semejante sospecha respecto a mí. Es más, si conozco a algún hereje o persona sospechosa de herejía lo denunciaré a este Santo Oficio o al Inquisidor u Ordinario del lugar donde yo me encuentre. Además, juro y prometo cumplir y observar en su integridad todas las penitencias que me han sido impuestas —o puedan serlo más adelante— por este Santo Oficio. Y, en caso de que infrinja (¡lo que Dios no permita!) cualesquiera de estos juramentos y promesas, me someto a todos los castigos y penas impuestos y promulgados en los sagrados cánones y en otras constituciones, generales y particulares, contra tales delincuentes. Así, que me ayuden Dios y estos sus Evangelios que toco con mis manos.”

A.16.

- “Los puntos de vista desde los cuales cabe criticar las teorías científicas son dos: la teoría no puede contradecir hechos de experiencia y la **‘naturalidad’** o **‘simplicidad lógica’** de las premisas. El segundo punto de vista cabe caracterizarlo concisamente como aquel que concierne a la **‘perfección interna’** de la teoría” (Albert Einstein: notas autobiográficas).
- “El hecho de que la propuesta de cuantificación de Planck, fundamento inseguro y plagado de contradicciones, bastara para que un hombre con el singular instinto y sensibilidad de Bohr descubriera las principales leyes de las rayas espectrales y de las envolturas electrónicas de los átomos me pareció un milagro y sigue pareciéndome hoy. **Es musicalidad suprema en el terreno del pensamiento**” (Albert Einstein: notas autobiográficas).
- “Una teoría es tanto más impresionante cuanto mayor es la simplicidad de sus premisas, cuanto más diversas sean las cosas que conecta entre sí y cuanto más amplio sea su ámbito de actuación” (Albert Einstein: notas autobiográficas).
- “En su estudio de los fenómenos naturales, el físico tiene dos métodos para progresar: (1) mediante el experimento y la observación, y (2) mediante el razonamiento matemático. El primero es simplemente la reunión de datos selectos; el segundo nos permite inferir resultados de experimentos que no se han realizado. **No existe razón lógica por la que el segundo método tenga que ser posible**, pero se ha demostrado en la práctica que funciona con notable éxito. Esto debe adscribirse a alguna cualidad matemática de la naturaleza, una cualidad que el observador ocasional de la naturaleza no sospecharía, pero que sin embargo desempeña un papel fundamental en el esquema de la misma. Se puede describir la cualidad matemática en la Naturaleza diciendo que el Universo está constituido de tal manera que la matemática es un instrumento útil para describirlo (...) La idea dominante en esta aplicación de la matemática a la

A.16.

física es que las ecuaciones que representan las leyes del movimiento deberían tener una forma sencilla. Todo el éxito del esquema se debe al hecho de que las ecuaciones de forma sencilla parecen funcionar. El físico se ha reprovisto de esta manera de un **principio de simplicidad, que puede utilizar como instrumento de investigación (...)** La Teoría de la Relatividad hizo necesario modificar el principio de simplicidad (...). Lo que hace que la teoría de la relatividad sea aceptable para los físicos a pesar de que vaya en contra del principio de simplicidad es su gran belleza matemática. Es ésta una cualidad que no se puede definir, pero que las personas que estudian matemáticas no tienen ninguna dificultad en identificar (...). Vemos así que hemos cambiado el principio de simplicidad por **el principio de belleza matemática**. El investigador, en sus esfuerzos por expresar las leyes fundamentales de la Naturaleza de forma matemática, debería siempre buscar la belleza matemática” (P.A.M. Dirac: *La relación entre las matemáticas y la física*).

A.19.

- “No hay un camino lógico para el descubrimiento de las leyes de la física. Solamente existe el camino de la intuición.”
- “Una teoría puede ser contrastada con la experiencia, pero no hay camino que lleve de la experiencia al establecimiento de una teoría.”
- “... de joven también me impresionó mucho su postura (de Mach) epistemológica, que hoy me parece insostenible. Pues Mach no colocó en su justa perspectiva la naturaleza esencialmente constructiva y especulativa de todo pensamiento y, en especial, del pensamiento científico...”
- “Mach intentó demostrar, sobre todo en la mecánica y en la teoría del calor, cómo los conceptos surgen de la experiencia (...). Yo veo su debilidad en el hecho de que él creía poco o mucho en que la ciencia consistía únicamente en poner en orden el material experimental, es decir, que subvaloró el elemento constructivo libre en la elaboración de un concepto. De alguna manera pensaba que las teorías son el resultado de un **descubrimiento** y no de una **invención**.”
- “Los filósofos naturales de aquellos días (siglo XIX) estaban poseídos por la idea de que los conceptos fundamentales y los postulados de la física no eran, en sentido lógico, libres invenciones de la mente humana y que eran deducibles a partir de la experiencia por ‘abstracción’, es decir, promedios lógicos. Un completo reconocimiento del carácter erróneo de esta noción aparecería sólo con la Teoría de la Relatividad General.”
- “No existe, desde luego, ningún camino lógico que lleve al establecimiento de una teoría, sino solamente intentonas de construcción que se llevan a cabo a tientas, controladas por una consideración cuidadosa del conocimiento factual.”
- “(El científico) debe parecer un oportunista sin escrúpulos a los ojos del epistemólogo sistemático: se muestra como realista en cuanto intenta describir un mundo independiente del

A.19.

acto de percibir; como idealista, en cuanto considera los conceptos y teorías como invenciones libres del espíritu humano (que no son derivables lógicamente de los datos empíricos); como positivista, en cuanto considera justificados sus conceptos y teorías solamente en la medida en que proporcionen una representación lógica de las relaciones entre las experiencias sensoriales. Puede incluso parecer platónico o pitagórico en cuanto considera la simplicidad lógica como un enfoque que sirve como herramienta indispensable y efectiva en su investigación.”

- “Basta ya. Newton, perdóneme. Los conceptos que tú creaste siguen rigiendo nuestro pensamiento físico, aunque ahora sabemos que hay que sustituirlos por otros más alejados de la esfera de la experiencia inmediata si aspiramos a una comprensión más profunda de la situación.”

Los textos anteriores pueden ser repartidos entre los grupos (uno o dos por grupo) para preparar un debate con conclusiones finales sobre la relación entre el experimento y la teoría, el papel de la creatividad en ciencia y el método científico.



JOSÉ MANUEL SÁNCHEZ RON • *El País*. Suplemento *Babelia*, 21 de enero de 2006

Entre la ciencia y la ideología

Pocas historias científicas poseen mayor atractivo que la de la ciencia bajo el nazismo. Las razones de semejante interés son muy diversas. En primer lugar, tenemos que se trata de una nación, Alemania, que figura por derecho propio entre las grandes de la historia de la ciencia de todos los tiempos. Sucede, además, que esa grandeza alcanzó cotas particularmente elevadas en el aproximadamente siglo anterior a la era nazi, en el que trabajaron luminarias como Liebig, Helmholtz, Riemann, Clausius, Kirchhoff, Röntgen, Ehrlich, Hilbert, Planck, Haber o Einstein. Cuando Hitler llegó al poder, en enero de 1933, la ciencia germana brillaba por encima de cualquier otra en el mundo, de manera que es natural preguntarse cómo afectó el régimen que dirigió a esa ciencia.

¿Es cierto lo que, a propósito de la ciencia bajo Hitler, sostuvo el físico Samuel Goudsmit en un libro titulado *Alsos?* “Estoy interesado”, escribió allí el codescubridor del espín, “en por qué la ciencia alemana fracasó allí donde los americanos y británicos triunfaron, y creo que los hechos demuestran de manera concluyente que la ciencia

bajo el fascismo no fue, y con toda probabilidad nunca será, igual a la ciencia en una democracia”.

Desgraciadamente, no está tan claro que tal tesis —que Goudsmit sostuvo pensando en el proyecto Manhattan y en que los alemanes no llegaron a fabricar bombas atómicas— sea completamente cierta. No hay duda de que la ciencia germana sufrió, y mucho, debido al obligado exilio de científicos de origen judío, pero descontando (que no olvidando) este hecho, ¿qué se puede decir de la investigación científica que se realizó en Alemania entre 1933 y 1945? De la investigación científica y de los desarrollos tecnológicos, que éstos no son sólo consecuencia de la “ciencia pura”, sino también fuente de ella. Pues bien, se pueden decir muchas y muy interesantes cosas, como muestra este libro de John Cornwell.

La historia de la ciencia y de la tecnología en el periodo hitleriano incluye todo tipo de personajes, disciplinas, situaciones y consideraciones. Personajes del tipo del eminente químico Fritz Haber, que se distinguió —triste distinción— en la introducción de la guerra química durante la Primera Guerra Mundial, y al que,

sigue>

>continúa

debido a su origen judío, le afectaron las leyes raciales implantadas por Hitler en 1933. Naturalmente, también está el caso de Einstein, y de otros, esta vez, arios, como Planck, que se entrevistó con Hitler para intentar detener la sangría de científicos de origen judío; Heisenberg, cuyas ideas y actuaciones durante la era nazi han ocupado miles de páginas; o los también físicos y premios Nobel Philipp Lenard y Johannes Stark, líderes del movimiento denominado “Deutsche Physik” (“física alemana”), cuyos defensores, que repudiaban las teorías del judío Einstein, defendían una supuesta física aria.

No todo es, naturalmente, física o química, también están otras disciplinas, como la matemática o la biología. En relación a esta última es preciso recordar, por ejemplo, que no sufrió demasiado bajo Hitler, entre otros motivos porque no faltaron investigadores (como el notable genético Nikolai Timoféeff-Ressovsky) que, con el propósito de mejorar sus posibilidades de recibir financiación, resaltaron las implicaciones que sus trabajos podían tener para la tan querida por los nazis “higiene racial”. Querida por los nazis y, hay que apresurarse a añadir, por otras naciones también: la eugenesia floreció en países tan diferentes como los nórdicos o Estados Unidos desde el último tercio del XIX hasta, al menos, las primeras décadas del XX. La consecuencia es clara: los Estados totalitarios pueden favorecer, por razones ideológicas, tanto “mala” ciencia (el caso de Lisenko en la Unión Soviética de Stalin) como “buena” (la genética en tiempos de Hitler), esto es, ciencia que se practica en contra de los cánones tradicionales y aceptados en la profesión, o de acuerdo con ellos. Otra cosa son, por supuesto, los

usos que se hacen de esa ciencia y técnica y cómo se comportan las instituciones en las que se producen ambas. Así, hubo médicos que utilizaron en sus innobles e inhumanas investigaciones a prisioneros y la empresa química IG Farben se benefició de trabajo esclavo en el campo de concentración —o mejor sería decir de exterminio— de Auschwitz, del que el escritor y químico Primo Levi nos dejó páginas que todos deberíamos leer y nadie olvidar.

Es difícil deslindar las fronteras entre la ciencia y la ideología. No debe existir compasión ni comprensión para lo que hicieron y pensaron Hitler y sus seguidores, pero en nuestra fe democrática tampoco debemos olvidar que el sistema científico-tecnológico alemán fue lo suficientemente bueno como para producir una serie de desarrollos importantes, entre los que, por supuesto, hay que recordar los misiles V-2, construidos en la base de Peenemünde bajo el liderazgo de Werner von Braun, que tanta destrucción y temor causaron a Inglaterra; el mismo Von Braun que más tarde trabajó para la NASA estadounidense.

De todas estas cosas, y otras más (radar, códigos secretos, el papel de Albert Speer, el arquitecto y leal ministro de Hitler...) trata este libro, *Los científicos de Hitler*, de John Cornwell. Aquellos familiarizados con la abundante literatura que en historia de la ciencia y la tecnología se ocupa de este capítulo de la historia contemporánea advertirán que lo que en realidad ha hecho Cornwell en basarse en esos trabajos, añadiendo de su parte poco material original. No importa. Ha combinado y orientado esos trabajos, poco conocidos en nuestro país al no haber sido traducidos al español, con acierto, produciendo un libro que merece la pena leer.



JULIO CÉSAR ONDATEGUI

A.25.

Madrid, una región del conocimiento y una tecnópolis en Europa

Con una visión puesta en el progreso y el modelo económico basado en el conocimiento y en la tecnología, la región de Madrid está trabajando con dos vectores llamados en este trabajo “el motor de la innovación” y “las comunidades urbanas centradas en la ciencia y en la tecnología”. En la estrategia de desarrollo regional hemos encontrado una alta concentración de centros de investigación que están

siendo reforzados por nuevos instrumentos e infraestructuras de apoyo a la innovación. Madrid está desarrollando una red de 8 parques científicos y tecnológicos diseñados por el Gobierno y las Universidades, que al mismo tiempo están siendo complementados por un programa de creación de 10 institutos de investigación avanzada.

@ <http://www.madrimasd.org/revista/revista45/tribuna/tribuna2.asp>



A.25.

Parques e I+D en Madrid: la industria de hoy para el futuro

Los parques, centros e institutos de investigación para que en el futuro sean efectivos y científicos no se pueden abordar sin un compromiso de las universidades, elementos que ensanchan las posibilidades de avanzar hacia una “región del conocimiento”. En este aspecto en los últimos años se han introducido cambios con el fin de adecuar las actividades de investigación a las necesidades de nuevos clusters industriales. La universidad es un espacio pensado para generar outputs de formación, de investigación y nuevos conocimientos, y ahora también de incubación y empleo. Sobre estos inputs de I+D para las empresas, las universidades disponen de inmensas capacidades y recursos que pueden servir

a las empresas y otras instituciones para incorporarlos a sus procesos de innovación.

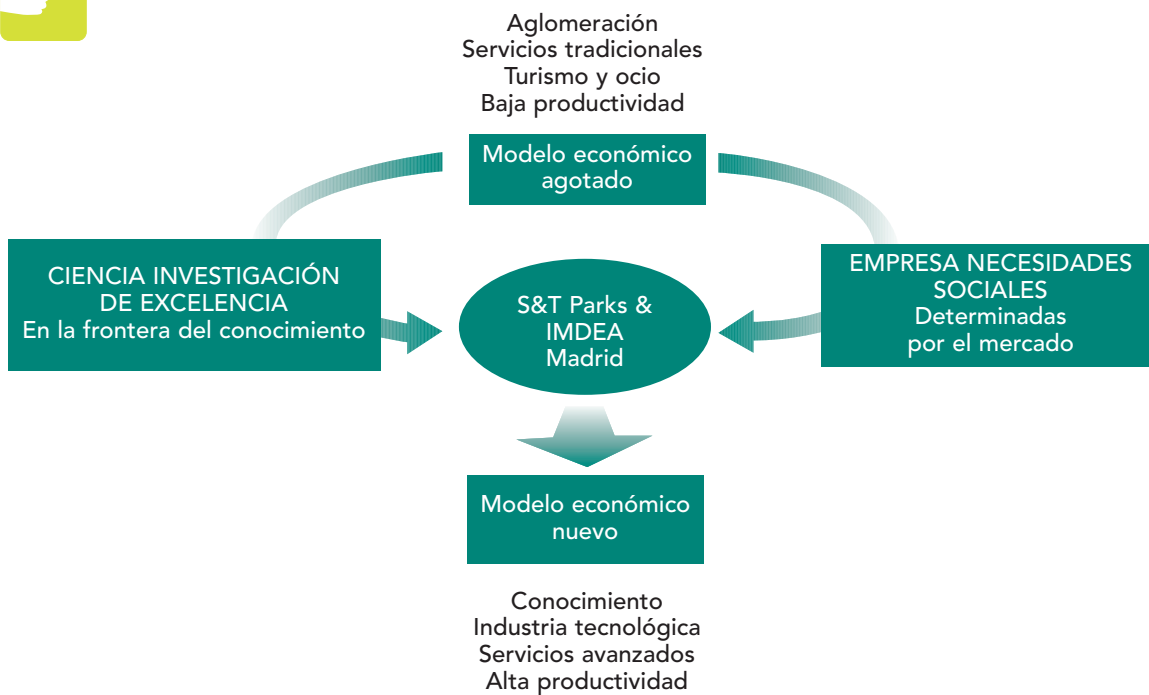
Sin embargo, las universidades han estado lejos del mundo comercial y de la industria. Hasta finales de la década de los años 90, la dedicación de los recursos docentes sólo se interesa por la investigación básica con una perspectiva académica. La preocupación ha sido el desarrollo teórico sin transferir conocimientos, ideas, alternativas y tecnología a las compañías o a la sociedad. Esta mentalidad ha ayudado a estilizar el cuello de la botella haciéndolo más firme, mientras se frenaba el desarrollo tecnológico. Ha habido escasa colaboración entre industria y ciencia.

@ <http://www.madrimasd.org/revista/revista45/tribuna/tribuna2.asp>



La I+D y el cambio de modelo económico

A.25.





Extracto del discurso de ingreso de José Manuel Sánchez Ron en la Real Academia Española reproducido en el diario *El País* el 20 de octubre de 2003

A.27.

Elogio del mestizaje: historia, lenguaje y ciencia

Elogio del mestizaje: Historia, lenguaje y ciencia es el título que he elegido para el discurso con el que debo cumplir el requisito que la Real Academia Española impone a sus nuevos miembros.

Elogio del mestizaje, pero entendiendo por “mestizaje” no la primera acepción que recoge nuestro Diccionario, “cruzamiento de razas diferentes”, un concepto éste peligroso, por cierto, cuando se quiere aplicar a nuestra especie. He elegido elogiar el mestizaje, pero entendido según la tercera de las acepciones de nuestro Diccionario, aquella que reza: “Mestizaje: mezcla de culturas distintas, que da origen a una nueva”.

Qué tiene que ver, podríais decirme, el mestizaje con la ciencia. Pues mucho. Mi intención es situar a la ciencia dentro de la vida, en la historia, no “de la ciencia”, sino en la historia a secas. Quiero hablaros de lo mucho que la ciencia ha recibido y puede recibir del mestizaje, de la mezcla de culturas, de los cruces de caminos. No ignoro, por supuesto, que dentro de eso que llamamos ciencia se encuentran múltiples tradiciones, métodos, personalidades, pretensiones o problemáticas. Existen, sin duda alguna, numerosos y fructíferos episodios de la ciencia en los que el grado de mestizaje es, en el sentido que yo pretendo dar a este término hoy, pequeño. Aceptemos esto sin ningún problema (en la diversidad —que es otro tipo de mestizaje— reside la fecundidad).

Permitidme señalar que aunque voy a hablar de ciencia, me gustaría que mis palabras no fuesen oídas sólo bajo esa luz. Creo firmemente que el conocimiento científico constituye uno de los valores más firmes de nuestra especie, uno de sus atributos más nobles y distintivos. Sostengo que las vidas de todos aquellos ignorantes de los conocimientos y valores científicos son existencias limitadas, desprovistas de un instrumento maravilloso de liberación, material e inmaterial, que hemos construido nosotros mismos, los *homo sapiens*.

Creo en todo esto, sí, en el valor liberador de la ciencia, pero también creo con igual firmeza que la vida no se reduce totalmente a la ciencia. Precisamente por esto, me gustaría que interpretaseis mis disquisiciones de esta tarde en favor del mestizaje en la ciencia también como una defensa de la tolerancia, como un alegato en pro del respeto e interés por “los otros” y por sus culturas,

como una manifestación de mi convicción racional —y compasiva al mismo tiempo— de que adentrarse desde la cultura propia en otras no puede acarrear sino beneficios.

Desde hace tiempo vivimos en un mundo en el que ciencia y tecnología se encuentran estrechamente relacionadas. Pensemos, por ejemplo, en ese dominio científico que nos trae, prácticamente cada día, novedades antes insospechadas, el de la biología molecular: ¿es posible distinguir siempre entre avances llevados a cabo en ingeniería genética, biotecnología o biología molecular? No, o al menos no siempre.

(...) Hasta ahora he estado hablando sobre todo a vuestra razón, tratando de desarrollar argumentos y desvelar procesos históricos que sirviesen para iluminar vuestro entendimiento. Ahora querría partiros el corazón. Pero me faltan las palabras.

Querría, sí, partiros el corazón; ser capaz de crear con mis palabras mundos que hicieran que vuestros corazones reventaran de dolor, de angustia, de ansia; que lloraran de tristeza y se rebelaran. Querría poseer ese inabarcable arte del que sois maestros tantos miembros de esta Academia. Querría producir en todos vosotros, con los frutos de mi palabra y mi pensamiento, reacciones similares a las que sin duda produjeron y producirán en todos sus lectores personajes literarios como Azarías, aquel de “milana bonita, milana bonita”, al que dio vida nuestro compañero Miguel Delibes. Romperos el corazón igual que a Azarías se lo rompió el señorito Iván, incapaz de escuchar, él que como todos los de su calaña únicamente saben escucharse a sí mismos, la voz implorante de Azarías: “¡Señorito, por sus muertos, no tire!”. Desearía ser capaz de hacer que vuestros corazones sufran tanto como sufrió el de Sancho Panza cuando don Quijote se volvió loco creyéndose Alonso Quijano, y terminó, claro, muriéndose (de pena), sin hacer caso de los cuerdos consejos y lamentos de su fiel escudero.

¿Y por qué, para qué, querría partiros el corazón? La respuesta no es difícil de entender. Permitirme que la explique.

He estado hablándoos de mestizajes científicos, pero me falta referirme a uno más, el último, pero en muchos aspectos el más importante: aquel que implica la reunión de dos culturas que deberían encontrarse unidas, pero que desgraciadamente no lo están:

sigue>

>continúa

A.27.

la “cultura humanística”, como se suele denominar, aunque sea éste un término que yo tienda a rechazar, y la “cultura científica”. ¿Cómo lograr superar esa falta de entendimiento?

Debemos producir ciencia, ciencia de primerísima línea, sí, pero también, como una condición necesaria para ello, debemos introducir la ciencia hasta en el último escondrijo de la sociedad, hacer que no sea considerada como una cultura bárbara todavía no agraciada por el lenguaje escrito; lograr despertar en todas las

conciencias sentimientos de angustia ante la ignorancia científica. Es por todo esto que querría ser capaz de romper el corazón. Con ello, familiarizándoos con la ciencia, no os prometo que recibiréis seguridades de que os espera un destino eterno, o la demostración de que pertenecéis a una especie elegida, ni respuestas para todas las preguntas que podáis imaginar, ni siquiera, ¡ay!, virtud moral, pero sí os prometo respuestas fiables, entretenimiento (la ciencia es divertida) y, sobre todo, dignidad.



CARLOS MARTÍNEZ ALONSO, presidente del CSIC • *El País*, 1 de marzo de 2008

A.27.

Ya no sólo inventan ellos

En el relato bíblico del comienzo del *Génesis*, la serpiente le dice a la mujer que no debe tener miedo a comer la fruta del árbol prohibido porque, si lo hace, “seréis como Dios, ya que conoceréis el bien y el mal”. En uno de los mitos fundacionales de nuestra cultura se nos dice, pues, que el conocimiento es una característica divina y que su posesión nos convierte en algo así como dioses, por lo que, quizá, todas las religiones en general, y muy particularmente la cristiana en su versión católica, se han cuidado mucho a lo largo de la historia de poner todo tipo de trabas a la exploración de lo desconocido y a la reducción del mito en favor del *logos*, es decir, a la actividad científica. El orden establecido también ha visto con preocupación el peligro que pueden llegar a tener las teorías, la solidez epistemológica de las hipótesis o los hallazgos de la ciencia, sobre todo para el mantenimiento de un determinado *statu quo*.

Han tenido que pasar, en efecto, muchos siglos, para que la humanidad haya comprendido, por fin, la importancia que tiene para su bienestar presente y su supervivencia futura, el cultivo sistemático y masivo de la generación de conocimiento, es decir, de la ciencia. Así, mientras que no se puede afirmar sin ruborizarse que la cantidad y el nivel de las producciones literarias o artísticas de nuestro tiempo son las mayores de la historia, porque ahí están Cervantes, Rembrandt o Mozart para cuestionarlo, sí se puede decir, en cambio, que la producción científica de hoy es la más abundante,

más completa y más rigurosa que haya existido nunca, con o sin permiso de Newton o de Darwin.

Ello es así porque, desde hace un siglo, la producción de conocimientos científicos, ha dejado de ser una ocupación ocasional de caballeros europeos ilustrados, para convertirse en una estrategia de empresa o en una política pública, en la mayoría de los países industrializados y, por lo tanto, los que nos dedicamos a este oficio de generar conocimiento, somos hoy millones de personas trabajando a tiempo completo en todo el mundo.

En realidad, no se sabe con precisión cuántos somos, pero sí se tienen datos del número de licenciados en carreras universitarias y en ingenierías que existen en el mundo, y así sabemos que los 73 millones de personas con estudios superiores que había en 1980, habían ascendido a 194 millones en el año 2000, y que en este mismo periodo, China y la India habían multiplicado por dos sus titulados superiores (*Science & Engineering Indicators 2006*. National Science Foundation).

Desde que la dedicación a la ciencia dejó de ser una ocupación vocacional de gentileshombres y se convirtió en I+D, es decir, en una actividad profesional asalariada, se han incrementado exponencialmente los recursos financieros y humanos dedicados a la generación de conocimientos y, por lo tanto, éstos han fluido en un caudal incomparablemente mayor que en épocas pasadas.

sigue>

>continúa

A.27.

Europa había sido, hasta el siglo XX, el origen de la casi totalidad de los conocimientos científicos, en física, matemáticas, química, biología, filosofía o economía, pero, como mínimo, desde el final de la Segunda Guerra Mundial, si no antes, nos ha adelantado Estados Unidos en producción de conocimientos y, al ritmo actual, los grandes países asiáticos no tardarán en hacerlo también. Europa se ha convertido así, en cuestión de producción de ciencia, en una especie de *Victoria de Samotracia*, un cuerpo todavía hermoso y aún robusto, pero ya sin cabeza y, en estas condiciones, es muy improbable que pueda utilizar sus alas para volar.

Hace ya más de 15 años, los presidentes de las 25 mayores empresas de los Estados Unidos de América enviaron una carta abierta al Congreso que, entre otras cosas, decía: “Nuestro mensaje es simple. Nuestro sistema educativo y sus programas de investigación desempeñan un papel crítico y central en el avance de nuestro conocimiento... Sin el apoyo federal, la industria americana dejará de tener acceso a tecnologías básicas... Por lo tanto, respetuosamente, solicitamos que se mantenga el apoyo a un vibrante programa de investigación...”.

Esta carta recoge tres ideas que me gustaría resaltar: *a)* la necesidad de generar conocimiento; *b)* la responsabilidad y obligación de los poderes públicos en financiar la creación del conocimiento, y *c)* la relación entre la creación de riqueza, por parte del sector privado y el apoyo gubernamental a la ciencia.

En Europa, quizá con la excepción de los países escandinavos y de Irlanda, ningún grupo de empresas líderes en sus respectivos países se ha dirigido a sus parlamentos o a sus gobiernos con una solicitud parecida a la de sus colegas norteamericanos. Únase a ello, que la toma de decisiones en esta parte del mundo, suele responder literalmente al título de un conocido libro de Claude Allègre, *Cuando se sabe todo no se prevé nada y cuando no se sabe nada, se prevé todo* (traducido al español como *La sociedad vulnerable*), y se tendrán las claves para entender por qué aquellos solemnes compromisos adoptados en la Agenda de Lisboa del año 2000, que pretendían situarnos a la vanguardia de la sociedad del conocimiento, a la altura del inminente año 2010, se han quedado en esa típica hojarasca retórica, a la que somos tan afectos los ciudadanos el Viejo Mundo.

Si dejamos aparte a los países escandinavos y a Irlanda, cuya población agregada, por lo demás, apenas alcanza la mitad de la nuestra, probablemente sea España el país europeo que mayores esfuerzos ha venido realizando últimamente, para alcanzar los compromisos de la Agenda de Lisboa 2000. Es conocido el hecho de que en esta legislatura que ahora termina, se ha duplicado el presupuesto en I+D, lo cual es una especie de hazaña insólita entre los países comunitarios. Se han incorporado, además, centenares de nuevos investigadores al sistema y se están acometiendo unas reformas administrativas, que pueden facilitar la gestión de los centros de investigación, atrapados muchas veces por normas y usos que recuerdan épocas pasadas y superadas social y económicamente.

Avanzamos, pues, en la buena dirección, pero nos encontramos todavía muy lejos del lugar adecuado, que es el que nos marcan los escandinavos, Estados Unidos, Japón y los países emergentes de Asia, porque España, hoy en día, ya no puede contentarse con aspirar a alcanzar los niveles de los llamados “países de nuestro entorno”, toda vez que el proceso de convergencia ha terminado y, además, con notable éxito. Ahora tenemos, nosotros también, que aspirar a tirar del carro europeo y para ello debemos redoblar el esfuerzo en aquellas políticas que más contribuyen al bienestar común y a la resolución de los graves problemas que ya nos acechan, como la mejora de la productividad, el reto de la nueva medicina, los asociados al cambio climático, o a la subsistencia de grandes bolsas de pobreza en el mundo.

Tenemos que hacerlo ya, sin esperar al largo plazo porque, como bien dejó dicho John Maynard Keynes, “a largo plazo, estamos todos muertos” y que conste que con ese “tenemos”, no nos estamos refiriendo sólo, ni preferentemente, a los científicos, sino al conjunto de los ciudadanos, porque la práctica de la ciencia, su financiación, la explotación de sus resultados, su divulgación o su institucionalización, son asuntos demasiado importantes como para abandonarlos, sin más, en manos de unos pocos expertos.

La responsabilidad sobre el futuro de nuestra sociedad, no puede delegarse, en efecto, en una comisión de sabios: la ética, la política y aun el sentido común, exigen, por el contrario, el compromiso de una mayoría significativa de ciudadanos.



ALBERT EINSTEIN

A.27.

Mi visión del mundo

Curiosa es nuestra situación de hijos de la Tierra. Estamos por una breve visita y no sabemos con qué fin, aunque a veces creemos presentirlo. Ante la vida cotidiana no es necesario reflexionar demasiado: estamos para los demás. Ante todo para aquellos de cuya sonrisa y bienestar depende nuestra felicidad; pero también para tantos desconocidos a cuyo destino nos vincula una simpatía.

Pienso mil veces al día que mi vida externa e interna se basa en el trabajo de otros hombres, vivos o muertos. Siento que debo esforzarme por dar en la misma medida en que he recibido y sigo recibiendo. Me siento inclinado a la sobriedad, oprimido muchas veces por la impresión de necesitar del trabajo de los otros. Pues no me parece que las diferencias de clase puedan justificarse: en última instancia reposan en la fuerza. Y creo que una vida exterior modesta y sin pretensiones es buena para todos en cuerpo y alma.

Es cierto que cada hombre tiene ideales que lo orientan. En cuanto a eso, nunca creí que la satisfacción o la felicidad fueran fines absolutos. Es un principio ético que suelo llamar el Ideal de la Píara.

Los ideales que iluminaron y colmaron mi vida desde siempre son: bondad, belleza y verdad. La vida me habría parecido vacía sin la sensación de participar de las opiniones de muchos, sin concentrarme en objetivos siempre inalcanzables tanto en el arte como en la investigación científica. Las banales metas de propiedad, éxito exterior y lujo me parecieron despreciables desde la juventud.

Mi ideal político es la democracia. El individuo debe ser respetado en tanto persona. Nadie debería recibir un culto idolátrico. (Siempre me pareció una ironía del destino el haber suscitado tanta admiración y respeto inmerecidos. Comprendo que surgen del afán por comprender el par de conceptos que encontré, con mis escasas fuerzas, al cabo de trabajos incesantes. Pero es un afán que muchos no podrán colmar.)

Sé, claro está, que para alcanzar cualquier objetivo hace falta alguien que piense y que disponga. Un responsable. Pero de todos modos hay que buscar la forma de no imponer a dirigentes. Deben ser elegidos. Los sistemas autocráticos y opresivos degeneran muy pronto. Pues la violencia atrae a individuos de escasa moral, y es ley de vida el que a tiranos geniales sucedan verdaderos canallas.

Con esto paso a hablar del peor engendro que haya salido del espíritu de las masas: el ejército al que odio. Que alguien sea capaz de desfilar muy campante al son de una marcha basta para que merezca todo mi desprecio; pues ha recibido cerebro por error: le basta con la médula espinal. Habría que hacer desaparecer lo antes posible a esa mancha de la civilización. Cómo detesto las hazañas de sus mandos, los actos de violencia sin sentido, y el dichoso patriotismo. Qué cínicas, qué despreciables me parecen las guerras. ¡Antes dejarme cortar en pedazos que tomar parte en una acción tan vil!

A pesar de lo cual tengo tan buena opinión de la humanidad, que creo que este fantasma se hubiera desvanecido hace mucho tiempo si no fuera por la corrupción sistemática a que es sometido el recto sentido de los pueblos a través de la escuela y de la prensa, por obra de personas y de instituciones interesadas económica y políticamente en la guerra.

El misterio es lo más hermoso que nos es dado sentir. Es la sensación fundamental, la cuna del arte y de la ciencia verdaderos. Quien no la conoce, quien no puede asombrarse ni maravillarse, está muerto. Sus ojos se han extinguido.

Esta experiencia de lo misterioso —aunque mezclada de temor— ha generado también la religión. Pero la verdadera religiosidad es saber de esa Existencia impenetrable para nosotros, saber que hay manifestaciones de la Razón más profunda y de la Belleza más resplandeciente sólo asequibles en su forma más elemental para el intelecto. En ese sentido, y sólo en éste, pertenezco a los hombres profundamente religiosos. Un Dios que recompense y castigue a seres creados por él mismo que, en otras palabras, tenga una voluntad semejante a la nuestra, me resulta imposible de imaginar. Tampoco quiero ni puedo pensar que el individuo sobreviva a su muerte corporal, que las almas débiles alimenten esos pensamientos por miedo, o por un ridículo egoísmo. A mí me basta con el misterio de la eternidad de la Vida, con el presentimiento y la conciencia de la construcción prodigiosa de lo existente, con la honesta aspiración de comprender hasta la mínima parte de razón que podamos discernir en la obra de la Naturaleza.



CHARLES DARWIN • *Autobiografía*

A.28.

Nadie discute que haya mucho sufrimiento en el mundo. Algunos han tratado de explicarlo, con relación al hombre, imaginando que ello sirve para su perfeccionamiento moral. Pero la cantidad de seres humanos que hay en el mundo no es nada en comparación con la de los demás seres sensibles, y éstos sufren a menudo muchísimo, y sin ningún perfeccionamiento moral. Un ser tan poderoso y lleno de sabiduría como Dios, que pudo crear el universo, es para nuestras mentes finitas omnipotente y omnisciente, y nuestro entendimiento se rebela al suponer que su benevolencia no es ilimitada porque ¿qué ventaja puede haber en el sufrimiento de millones de animales inferiores durante un tiempo tan interminable? Este antiquísimo argumento contra la existencia de una primera causa inteligente, basado en la existencia del sufrimiento, me parece muy sólido; mientras que, como ya he apuntado, la presencia de tanto sufrimiento concuerda bien con la teoría de que todos los seres orgánicos se han desarrollado por medio de la variación y de la selección natural.

En nuestros días el argumento más utilizado para demostrar la existencia de un Dios inteligente se apoya en la profunda convicción íntima y en el sentimiento que la mayoría de la gente experimenta. Pero no se puede dudar que los hindúes, mahometanos y otros puedan argüir en la misma forma y con igual fuerza o mayor en favor de la existencia de un Dios, o de muchos Dioses, o, como los budistas, de ningún Dios. Existen también muchas tribus salvajes de las que no se puede decir con honradez que crean en lo que nosotros llamamos Dios: de hecho, creen en espíritus o en fantasmas, y puede explicarse, como han demostrado Tyler y Herbert Spencer, la forma en que es probable que surja semejante creencia.

Emociones como las que acabo de aludir me llevaron en otro tiempo (aunque no creo que mis sentimientos religiosos estuvieran en ningún momento demasiado arraigados) a creer firmemente en la existencia de Dios y en la inmortalidad del alma. En mi Diario escribí que cuando se encuentra uno en medio de la magnificencia de una selva brasileña, “no es posible dar una idea adecuada de los sublimes sentimientos de asombro, admiración y devoción que llenan y elevan el espíritu”. Recuerdo bien mi convicción

de que en el hombre había algo más que el mero aliento de su cuerpo, pero ahora las escenas más grandiosas no serían capaces de hacer nacer en mi mente semejantes convicciones y sensaciones. Podría decirse acertadamente que soy como una persona que se ha vuelto daltónica, y la creencia universal en la existencia del color rojo hace que mi actual pérdida de percepción carezca de todo valor como testimonio. Este argumento sería válido si todas las personas de todas las razas tuvieran la misma convicción interna de la existencia de Dios; pero sabemos que eso está muy lejos de ser cierto. Por lo tanto, no veo que tales convicciones y sentimientos tengan peso alguno como prueba de que existe realmente (el estado de ánimo que antaño suscitaban en mí los paisajes grandiosos, que estaba en estrecha conexión con la fe en Dios, no difería sustancialmente de lo que a menudo se llama sentimiento de lo sublime). Y por difícil que resulte explicar la génesis de esta sensación, no podemos proponerla como argumento en favor de la existencia de Dios, igual que no podemos aducir el intenso, aunque vago sentimiento provocado por la música, que es similar a aquella sensación...

Otra fuente de convicción de la existencia de Dios, relacionada con la razón y no con los sentimientos, me parece de mucho más peso. Es la que se deduce de la extrema dificultad, o más bien la imposibilidad de concebir este inmenso y maravilloso universo, incluyendo al hombre con su capacidad de reflexionar sobre el pasado y el futuro, como un resultado del ciego azar o la necesidad. Cuando pienso en esto, me veo obligado a acudir a una primera causa, dotada de una mente inteligente, en cierto grado análoga a la del hombre, y merezco ser considerado teísta. Que yo recuerde, esta conclusión era muy firme en mí por el tiempo en que escribía *El origen de las especies* y desde entonces es cuando se ha ido debilitando poco a poco, con numerosas fluctuaciones. Pero entonces surge la duda: ¿Puede darse crédito a la mente humana, que se ha ido desarrollando, según estoy convencido, a partir de una mente tan baja como la que poseen los animales inferiores? ¿No podrán ser éstas el resultado de la relación entre causa y efecto, que aunque a nosotros nos parece necesaria, probablemente depende sólo de la experiencia heredada?

sigue>

>continúa

A.28.

Tampoco podemos pasar por alto la probabilidad de que la inculcación constante de una creencia en Dios en la mente de los niños produzca un efecto tan fuerte, y quizás heredado, en sus

cerebros no totalmente desarrollados, que les resulte tan difícil librarse de su creencia en Dios, como a un mono de su miedo y aversión instintivos a una serpiente.

A.28.

- “La fuente principal de conflictos entre las esferas científica y religiosa en el presente reside en ese concepto de un Dios personal” (*Einstein*).
- “La religiosidad del investigador se apoya en el asombro ante la armonía de las leyes que rigen la naturaleza, en la que se manifiesta una racionalidad tal, que en contraposición con ella toda la estructura del pensamiento humano se convierte en un insignificante destello” (*Einstein*).
- La naturaleza está privada de valores. Entre los valores están, principalmente, la **finalidad** y el **sentido** (...) En la elaboración de cualquier teoría debe estar ausente cualquier valor, precisamente. Y no es esperable que de una teoría natural emerjan valores como la finalidad y el sentido de la misma. La ética no nace de la naturaleza sino de la acción (y ésta volverá a desvanecerse cuando al enfriarse el Sol, la Tierra se convierta en un desierto de hielo y piedra) (...) El Dios personal no tiene cabida en un mundo que sólo resulta comprensible al precio de retirar de él todo lo personal. La presencia de Dios debe quedar como una vivencia y, por tanto, fuera del marco del espacio-tiempo. ‘No encuentro a Dios en el espacio ni en el tiempo’, dice el físico sincero” (*E. Schödinger*).
- “Los recientes hallazgos sobre el universo encajan a la perfección con una idea de Dios creador en forma de una inteligencia superior que se ha encarnado en las leyes naturales” (*Charles Tornes*).
- “Sólo podemos conjeturar que el significado de la vida es muy raro. ¿Representa acaso la culminación hacia la que tiende toda la creación para la cual los miles de millones de años de transformación de la materia en estrellas y nebulosas deshabitadas y el derroche de radiación en el espacio desierto ha sido solamente una preparación increíblemente extravagante? (...) Pero, ¿somos realmente tan espléndidos como para justificar un prólogo tan largo? (...) Si se me concediera omnipotencia y millones de años para ejercitarla, no creo que tuviera mucho de que jactarme si el Hombre fuera el resultado final de todos mis esfuerzos” (*Bertrand Russell*).
- “Toda religión, socialmente considerada, tiene tres aspectos: a) una iglesia, b) un credo, y c) una moral (código práctico). La fuente del conflicto con la ciencia son los credos. El credo religioso difiere de la teoría científica en que aquél pretende encarnar una verdad absoluta y eterna mientras que la ciencia tiene conciencia de la provisionalidad de sus resultados (sobre todo a partir del último siglo). La ciencia moderna favorece el abandono de la verdad absoluta por la ‘verdad técnica’ (resultados que funcionan). Pero en la medida en que la religión (religiosidad) consiste en una manera de sentir, más bien que en un conjunto de creencias, la ciencia no la puede tocar” (*Bertrand Russell*).

A.28.

- “El concepto religioso de la creación surge del asombro ante la existencia del universo y el lugar que ocupamos en él. El concepto científico trasluce un asombro similar: estamos impresionados por la simplicidad última y el poder creativo de la naturaleza física, y por su belleza en todas las escalas” (*G. Smoot*).
- “La teología es una rama de la Física y (que) los investigadores de la Física podrán deducir (sic) la existencia de Dios y la plausibilidad de la resurrección de los muertos a la vida eterna mediante los cálculos apropiados, de la misma forma que se calculan las propiedades del electrón” (*Frank Tipler*).
- “La reflexión científica hace más razonable que uno piense que existe Dios que lo contrario (pero) no en el Dios que nos enseñan en el catecismo, sino de un ser que existe como fundamento de todo, (...) un Dios que no hace, no crea, no interviene, simplemente es el fundamento del universo” (*Enrique Miret Magdalena*).



| ACTIVIDADES PARA
EL AULA 4 |


EL CAMBIO CLIMÁTICO: ALGO MÁS QUE UN RIESGO

Emilio Pedrinaci Rodríguez
Catedrático de Ciencias Naturales
IES "El Majuelo" de Gines, Sevilla



A.1. Todo lo que querías saber sobre el cambio climático.

K. Dervis y A. Steiner en el Informe sobre el Desarrollo Humano 2007-2008 publicado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) señalan que “Las medidas que tomemos hoy con respecto al cambio climático tendrán consecuencias que perdurarán durante un siglo o más. Los gases que retienen el calor y que enviamos a la atmósfera en 2008 permanecerán allí hasta 2108 y más. Por lo tanto, lo que decidamos hacer hoy no sólo afectará nuestra propia vida, sino aún más la vida de nuestros hijos y nietos”.

Para llamar la atención sobre la urgencia de adoptar decisiones con respecto al cambio climático en una situación que es calificada como de “urgencia planetaria”, 600 personas posaron desnudas en agosto de 2007 sobre un glaciar de Suiza que se halla en retroceso (véase noticia original en:  http://www.elpais.com/articulo/revista/agosto/Desnudos/glaciar/suizo/protestar/calentamiento/global/elpepirdv/20070819elpepirdv_24/Tes).

1. ¿Qué se entiende por retroceso glaciar? ¿Podrías indicar qué relación tiene con el cambio climático?
2. Formula todas las preguntas acerca de lo que querrías saber sobre el cambio climático.
3. Además de esas preguntas, ¿hay algunas otras que consideres necesarias para entender si el cambio climático está produciéndose ya, va a ocurrir irremediablemente o, sencillamente, es una posibilidad que tal vez no llegue a concretarse?



A.2. Organizamos lo que queremos saber.

Queremos hacer un esquema que relacione todas estas preguntas; esquema que más tarde seguiremos para intentar darle respuesta. Para elaborarlo puede serte útil el siguiente procedimiento:

1. Entre las preguntas seleccionadas, valora cuáles de ellas deben ser respondidas con antelación a otras.
2. Escríbelas en el orden en que creas que deben ser tratadas. Si consideras que hay dos o tres que puedan intercambiar su orden ponlas a la misma altura.
3. Piensa en alguna relación que pueda establecerse entre ellas. Ninguna pregunta debe quedar desconectada.
4. Realiza un esquema que relacione con flechas estas grandes preguntas.



A.3. Distancia al Sol y algo más.

¿Por qué hay planetas cálidos y planetas helados? La superficie de la Tierra tiene una temperatura media de unos 15 °C, la de Venus es de 447 °C (suficiente para fundir el plomo) y la de Marte es de -55 °C. De estos datos podría deducirse que la Tierra se encuentra a la distancia adecuada del Sol, mientras que Venus está demasiado cerca y Marte demasiado lejos.

Sin embargo, de acuerdo con su distancia al Sol, la temperatura teórica que tendrían en ausencia de atmósfera es inferior en todos los casos.

	Temperatura real	Temperatura teórica	Atmósfera
Venus	447 °C	155 °C	Muy densa, 96% CO ₂ , 3% N ₂
Tierra	15 °C	-18 °C	Poco densa, 78% N ₂ , 21% O ₂
Marte	-55 °C	-63 °C	Muy tenue, 95% CO ₂ , 3% N ₂

1. Si a la temperatura real le restamos la teórica, obtendremos el valor del efecto invernadero. A partir de los datos de la tabla, calcula el valor del efecto invernadero en Venus, la Tierra y Marte.
2. ¿A qué puede deberse las diferencias existentes entre los valores del efecto invernadero en cada uno de estos planetas?
3. La Luna se encuentra a la misma distancia del Sol que la Tierra pero carece de atmósfera. ¿Cuál será su temperatura teórica? ¿Y su temperatura real?
4. La temperatura real es la media de los valores que se alcanzan en diferentes lugares y a distintas horas del día y de la noche. ¿Las diferencias entre la temperatura del día y la noche serán en la Luna iguales, mayores o menores que en la Tierra? ¿Por qué?



Reserva Eduardo Avaroa (Bolivia).
Fotografía: E. Pedrinaci.



A.4. ¿Por qué no encaja Mercurio?

El planeta más cercano al Sol, Mercurio, tiene una temperatura superficial media de 180 °C, es decir, 267 °C menos que Venus. ¿Cuál puede ser la causa de que su temperatura sea inferior a la de Venus? Busca información que permita comprobar si tu conjetura es o no correcta.



A.5. ¿Qué es el efecto invernadero?

En una actividad anterior se ha calculado el valor del efecto invernadero en la Tierra y en los planetas más cercanos. Pero, ¿qué es el efecto invernadero?, ¿cómo se produce? La figura de la página siguiente muestra un modelo simplificado del efecto invernadero. En ella se representa la distribución de la radiación solar que llega a la zona superior de la atmósfera terrestre. Así, aproximadamente el 30% de esa radiación solar es reflejada por la atmósfera y la superficie terrestre, un 19% es absorbida por la atmósfera y el 51% restante es absorbida por la superficie terrestre.

1. En cada uno de los rótulos que aparecen añade un número que indique el orden en que debe leerse el proceso descrito. Precisa también el porcentaje de la radiación solar en cada uno de ellos.
2. ¿Qué papel desempeña la atmósfera en este proceso? ¿En qué se parece su efecto al del vidrio o plástico de un invernadero?
3. De no existir atmósfera, ¿qué cambios habría que introducir en este esquema?
4. ¿Cuáles son los gases más abundantes en la atmósfera?
5. ¿A qué se llama gases de efecto invernadero?



Modelo simplificado de efecto invernadero. Fuente: IPCC 2007.



A.6. Lo que se refleja no se absorbe.

Llamamos albedo a la parte de la radiación solar que es reflejada por la atmósfera (nubes y partículas de polvo) y la superficie terrestre (océanos, continentes, hielo, vegetación). Su valor medio es, aproximadamente, el 30% del total de radiaciones solares recibidas. Pero no todas las superficies tienen el mismo albedo, cuando más clara es una superficie mayor albedo tiene. Así, el hielo y la nieve reflejan la mayoría de las radiaciones solares recibidas.



Salar de Uyuni (Bolivia). Fotografía: E. Pedrinaci.

1. Las partículas pequeñas que se encuentran en suspensión en la atmósfera se denominan aerosoles. ¿Conoces algún proceso natural que incremente los aerosoles? ¿Y alguna actividad humana?
2. ¿Qué efecto tendrá en el albedo el incremento de aerosoles? ¿Y en la temperatura?
3. Ordena de mayor a menor albedo las siguientes superficies: océano, hielo, desierto.
4. Si disminuye la cubierta de hielo en nuestro planeta, ¿qué ocurrirá con el albedo? ¿Qué efecto tendrá esto en la temperatura?



A.7. Un invernadero para experimentar.

Un frasco de vidrio dentro de una botella de plástico transparente proporciona un modelo sencillo de invernadero con el que poder experimentar. Haremos tres montajes idénticos. Cada uno de ellos consta de una botella de agua mineral, cortada e invertida; dentro hay un frasco (como los de mermelada) sin tapadera que ocupa la mitad del volumen y en el espacio entre el frasco y la botella hay un termómetro. La única diferencia entre los tres montajes será que el primer frasco está lleno de arena, el segundo de agua y el tercero está cubierto completamente de papel de aluminio. Colocaremos también un termómetro externo y mantendremos todo el montaje durante un tiempo al sol (por ejemplo una hora).

1. ¿Qué se pretende comprobar llenando un frasco de arena, otro de agua y cubriendo con papel de aluminio el tercero?
2. ¿Por qué se ha puesto también un termómetro en el exterior? ¿Crees que podría ser útil colocar algún otro termómetro? ¿En dónde y para qué?
3. Inicialmente la temperatura en todos los invernaderos es la misma. Pronostica la evolución que seguirá la temperatura en cada invernadero. Justifica la respuesta.
4. ¿Qué ocurriría en cada caso si la botella se cubre de papel de aluminio? ¿Y si se pinta de negro?
5. Realiza la experiencia y comprueba si tus hipótesis son correctas.

A.8. Una cinta que redistribuye el calor.

La esfericidad de la Tierra hace que radiación solar recibida (y la absorbida) en las zonas cercanas al Ecuador sea muy superior a la recibida en latitudes cercanas a los polos, lo que genera grandes diferencias de temperatura. Las corrientes marinas, también los vientos, contribuyen a reducir esas diferencias. La circulación termohalina es una corriente oceánica causada por diferencias de temperatura y densidad de las aguas, que conecta todos los océanos y constituye una gran cinta transportadora de calor.



Corriente termohalina. Fuente: NASA.

1. Se ha dicho que la radiación solar recibida en la zona ecuatorial es muy superior a la recibida en la zona polar. ¿Y el albedo, dónde será mayor? ¿Esta circunstancia compensará o acentuará las diferencias de temperatura?
2. Describe la trayectoria seguida por la corriente termohalina. Considera que la franja de color azul claro representa la corriente superficial, mientras que la oscura señala la corriente profunda.

- Al llegar al Atlántico Norte la corriente superficial se hunde. ¿Cuál puede ser la causa de este hundimiento?
- ¿Por qué se dice que la corriente termohalina redistribuye el calor en los océanos?



A.9. Glaciares que retroceden.

Cada año se incrementan los datos aportados por los científicos que nos dicen que el cambio climático ya está aquí. Así, en las últimas décadas se está produciendo un retroceso general de los glaciares de montaña, especialmente en los del hemisferio norte.

- Estas dos fotografías son del glaciar Muir (Alaska). La de la izquierda fue tomada en agosto de 1941, la de la derecha también en agosto pero de 2004. Además del evidente retroceso glaciar, ¿qué otros cambios se observan?
- ¿En qué lugar del esquema organizativo previo (A.2) ubicarías esta actividad?



Glaciar Muir (Alaska). Fuente: United States Geological Survey (USGS).



A.10. También el mar helado retrocede.

El proceso de deshielo se ha acelerado en los últimos años y está afectando también a la capa helada que cubre el océano Ártico. Durante el verano, el área cubierta de hielo en el Ártico se ha reducido un 14% pero su grosor lo ha hecho un 40%. El IPCC destaca otros indicadores del cambio climático que apuntan en la misma dirección que el retroceso glaciar, como el retraso en las primeras heladas de otoño y el adelanto en el deshielo de muchos lagos del hemisferio norte.

- A continuación se ofrecen dos informaciones de prensa, la primera es de mayo de 2006. Léela y resume los datos que consideres más relevantes.
- En esa noticia se habla de que el deshielo ártico abre la posibilidad de establecer nuevas rutas en barco o explotar yacimientos de petróleo de la zona. ¿Consideras que la segunda noticia (septiembre de 2007) confirma el pronóstico realizado? ¿Qué tipo de conflictos pueden deducirse de lo mostrado en la segunda noticia?
- La información proporciona también una gráfica con la evolución de la cubierta de hielo en el Ártico. ¿Cómo ha sido esta evolución durante el periodo reflejado en ella?



RAFAEL MÉNDEZ • *El País*, Madrid, 18 de mayo de 2006

El Ártico pierde 300.000 kilómetros cuadrados de hielo en sólo un año

Un estudio por satélite calcula que en 2070 no habrá cubierta sólida flotante en verano

Los científicos dicen que el océano Ártico es al clima lo que el canario a la mina: conviene ver cómo le va, porque es extremadamente sensible a los cambios de temperatura. Y le va mal. En marzo

de 2006 los satélites de la NASA han medido 300.000 kilómetros menos de hielo que en 2005 (el 60% de España). La pérdida de hielo, sostenida desde que en 1979 comenzaron las mediciones, no hace

más que acelerarse, y la previsión moderada dice que en 2070 no habrá hielo flotante en verano. La pesimista habla de 2030, algo que permitiría abrir nuevas rutas comerciales por el mar.

En marzo de 1979, los satélites constataron una superficie helada de 16,5 millones de kilómetros cuadrados de hielo (32 veces España) en el Ártico. En 2005 había 14,8 millones y este marzo, 14,5 millones. El mínimo de este año supone un 12% menos que en 1979 y un 2% menos que en 2005. Los satélites miden el hielo flotante, no el que hay sobre Groenlandia o en los países que tocan el Círculo Polar Ártico.

“Tenemos los ojos como platos. En marzo de 2006 hemos visto 300.000 kilómetros menos de hielo flotante que en marzo de 2005. Es el peor dato desde que en 1979 comenzamos las mediciones con satélite, pero es que se está acelerando cada año”, explica a EL PAÍS Mark Serreze, del centro nacional para el estudio del hielo de EE UU, situado en la Universidad de Colorado.

El hielo en el Ártico varía con la temporada. En verano se funde parte, en septiembre se alcanza el mínimo, con el invierno comienza a crecer hasta que en marzo llega al máximo y a partir de ahí comienza a descender en un nuevo ciclo.

Círculo vicioso

“Hasta ahora veíamos descensos acusados en septiembre pero luego parecía recuperarse”, añade Serreze. Ya no. Los científicos creen que el Ártico ha entrado en un círculo vicioso e imparable y de una lógica aplastante: al fundirse el hielo en verano aumenta la superficie de agua; esta agua es oscura y absorbe más radiación solar que el hielo, que refleja gran parte; al absorber más radiación se calienta más el Ártico y se funde más hielo, con lo que aumenta la superficie de agua capaz de absorber la radiación y así hasta el infinito.

Por eso las previsiones se quedan antiguas cada año. “En septiembre dimos un ritmo de deshielo del 8% cada década, pero es posible que tengamos que revisarla al alza”, explica Serreze.

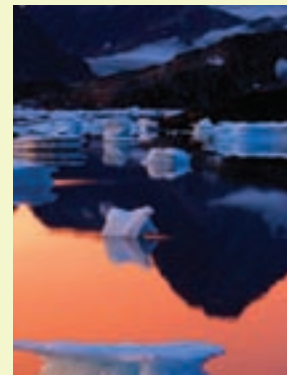
Serreze explica que las previsiones actuales calculaban que el Ártico podía quedar libre de hielo en verano a partir de 2070, pero matiza: “Hay nuevos estudios que señalan que puede producirse antes, incluso en 2030. La diferencia está en que unos cálculos utilizan el calentamiento de la atmósfera y otros también el impacto del calentamiento de los océanos, y parece que eso puede aumentar la velocidad de deshielo”.

Este deshielo casi completo abre enormes posibilidades, como nuevas rutas marítimas o explotar nuevas bolsas de petróleo y gas hasta ahora inalcanzables.

Efecto invernadero

Todas las zonas del planeta sufren variaciones del clima de forma natural pero, según Serreze, el caso del Ártico apunta al calentamiento global inducido por la emisión de gases de efecto invernadero. Estos gases, principalmente el dióxido de carbono que se produce al quemar combustibles fósiles como el petróleo, se acumulan en la atmósfera y dificultan la salida del calor que emite la Tierra en forma de radiación.

“El Ecuador y los Trópicos son los emisores de calor de la Tierra. El Ártico es el sumidero. Al alterarlos, alteramos todo el clima”, añade el investigador. El Ártico es la zona en la que más aumentos de temperatura se están registrando, con temperaturas en 2005



sigue>

>continúa

más de 2,5 grados superiores a la media. Este deshielo no afecta al nivel del mar. Al igual que al fundirse un cubito, el agua no rebosa el vaso.

El aumento del nivel del mar se produce si sube la temperatura del agua, que se expande, o si se funde hielo de los glaciares

porque no está en contacto con el mar. En ese caso, la preocupación es Groenlandia, con una superficie helada como México. Allí, la pérdida de hielo ha pasado de 50 kilómetros cúbicos por año en 1996 a 150 kilómetros cúbicos anuales en 2005, 150 veces el derogado trasvase del Ebro. Casi nada.

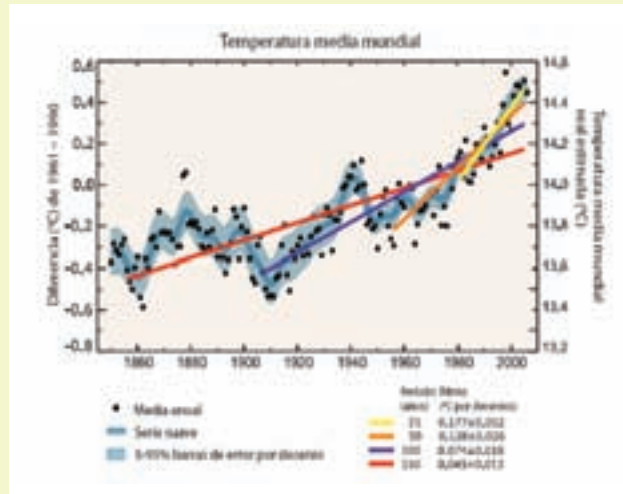


RAFAEL MÉNDEZ • *El País*, Madrid, 30 de septiembre de 2007



A.11. Analiza la gráfica.

El IPCC 2007 señala que “De los últimos 12 años (1995 a 2006) 11 de ellos, exceptuando 1996, se clasifican entre los 12 años más cálidos registrados desde 1850”. La gráfica muestra la temperatura media anual entre 1850 y 2006 y es algo más compleja de las habituales. Veamos algunas aclaraciones que pueden ayudarte a leerla:



Evolución de la temperatura media anual entre 1850 y 2006. Fuente: IPCC 2007.

- En el eje abscisas (horizontal) figuran los años.
- En el eje de ordenadas aparecen dos referencias. A la derecha figura el valor de la temperatura media mundial. A la izquierda se ha tomado como valor de referencia la temperatura media en el periodo 1961-1990 y se ha marcado con 0,0; todas las demás temperaturas se refieren a ella, valores positivos hacia arriba y negativos hacia abajo.
- Los puntos negros marcan las temperaturas medias anuales medidas.
- El trazo grueso azul muestra variaciones decenales.
- El trazo gris marca el margen de error que pueden tener los valores decenales.
- La línea roja representa la tendencia lineal en todo este periodo. Es una forma de mostrar de manera más simplificada y visible la tendencia.
- Las otras líneas de trazo recto marcan también tendencias lineales en periodos más cortos y cercanos: morada (100 últimos años), naranja (50 últimos años) y amarilla (25 últimos años).

1. ¿Cuánto han aumentado las temperaturas en los últimos 100 años?
2. La gráfica muestra dos periodos de 30 años con fuerte incremento, ¿cuáles son?
3. Traza la tendencia lineal de los últimos 10 años. ¿Cuál ha sido la década más cálida de todo el periodo registrado?
4. ¿Qué conclusiones generales pueden sacarse de esta gráfica?

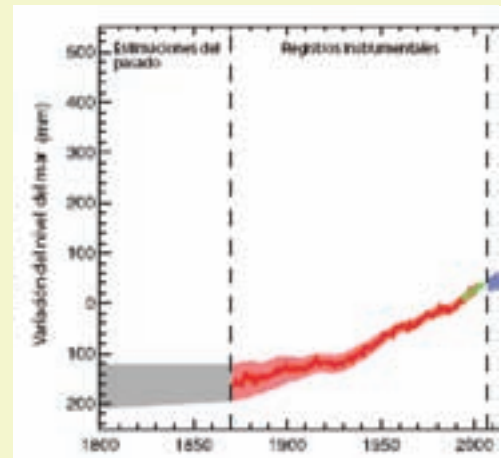


A.12. ¿Está subiendo el nivel del mar?

La gráfica muestra la variación del nivel del mar. No hay mediciones mundiales anteriores a 1870. El sombreado gris muestra los intervalos de incertidumbre hasta esa fecha. La curva roja reconstruye el nivel medio mundial registrado y el sombreado del mismo color señala el grado de incertidumbre existente. En las fechas más recientes, se han podido

hacer mediciones con satélite con un mayor grado de precisión (tramo verde).

1. El sombreado rojo de la gráfica va reduciéndose desde 1870 hasta la actualidad. ¿Cómo interpretas este hecho?
2. ¿Qué incremento del nivel del mar se ha producido desde 1950?



Evolución del nivel del mar en los dos últimos siglos. Fuente: IPCC 2007.

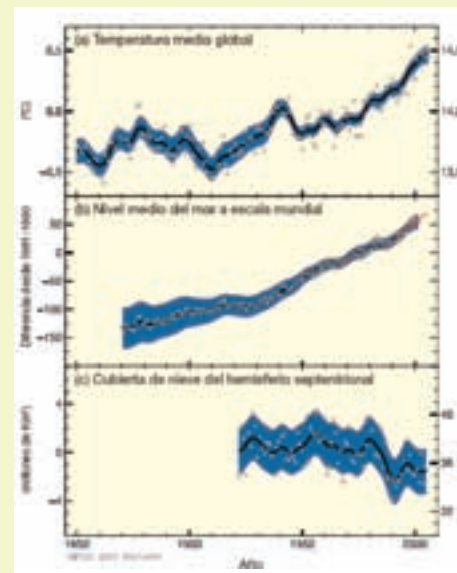


A.13. ¿Por qué sube el nivel del mar?

Hemos visto que la temperatura está subiendo y que también lo hace el nivel del mar, mientras que está bajando la cubierta de nieve y hielo en el planeta. ¿Existe alguna relación entre estos cambios? Para llegar a conclusiones de este tipo, los científicos realizan análisis comparativos (correlaciones) de todos estos datos.

El cuadro muestra las gráficas con la evolución de estas tres variables. Como en ocasiones anteriores, los círculos representan los valores anuales tomados, los trazos gruesos negros son los valores promedio por decenio, y las zonas sombreadas, los márgenes de incertidumbre.

1. Imagina un vaso de plástico que contiene agua. El nivel del agua puede cambiar porque modifiquemos la forma del recipiente (por ejemplo, apretándolo o empujando para que suba su fondo). ¿Conoces algún proceso geológico que modifique la forma de las cuencas oceánicas?



Evolución de la temperatura media anual del nivel del mar y la cubierta de nieve en el hemisferio norte. Fuente: IPCC 2007.

2. También puede cambiar el nivel del agua en el vaso de plástico porque echemos más agua. ¿Hay algún proceso natural que incremente la aportación de agua al océano? ¿Está produciéndose en los últimos años?
3. ¿Hay alguna otra forma de que suba el nivel del agua en el recipiente sin que se cambie su forma ni se suministre más agua?
4. ¿Qué conclusiones podrían obtenerse para el caso de la subida del nivel del mar? ¿Cuáles dirías que son las causas que lo están generando?



A.14. Un clima enloquecido.

Los periodos de sequía, las inundaciones, las olas de calor o los ciclones forman parte de la dinámica climática habitual, de manera que la ocurrencia aislada de alguno estos fenómenos, por intenso que sea, no debe ser interpretado como indicio de cambio climático, mucho menos como prueba.

Sin embargo, desde 1950 se ha incrementado la frecuencia e intensidad de estos fenómenos meteorológicos extremos, circunstancia que sí debe tomarse como indicador de cambio climático.

1. Busca información sobre fenómenos climáticos extremos ocurridos en los últimos años.
2. Valora si en la información que hayas encontrado se hace una generalización simplista de la ocurrencia de un fenómeno meteorológico extremo y si se utiliza como “prueba” del cambio climático.
3. ¿Qué diferencia hay entre estado del tiempo y clima?



Grietas de desecación (Namibia). Fotografía: E. Pedrinaci.



A.15. Los seres vivos se ven afectados por el cambio climático.

“Hay dos aspectos simples pero cruciales que deben considerarse al abordar el cambio global y los ecosistemas: a) cada especie se ve afectada de forma diferente por una misma intensidad de cambio ambiental; b) las especies que componen un ecosistema interaccionan entre sí de forma que existe un complejo entramado de relaciones que van desde la dependencia a la competencia pasando por la simbiosis o facilitación mutua de la existencia, como en el caso de los polinizadores. El cambio global opera sobre las especies pero afecta a la intensidad y naturaleza de las interacciones entre ellas. Algo tan simple como la alteración de la fenología, o ritmos estacionales de las plantas y animales como consecuencia de cambios en el clima, hace que se pierdan muchas sincronizaciones entre especies, de forma que una planta puede no encontrar a tiempo al polinizador o dispersor de sus frutos si adelanta su ciclo con el calentamiento, o muchos animales pueden no encontrar su alimento...”

1. ¿A qué se refiere el autor cuando habla de “cambio global”? ¿Sería sustituible por cambio climático?
2. ¿Conoces algún ave que esté cambiando sus fechas de migración?
3. Como ocurre con las especies, ¿crees que cada región puede verse afectada de forma diferente por el cambio climático? ¿Por qué?
4. Resume los indicadores del cambio climático trabajados hasta el momento.



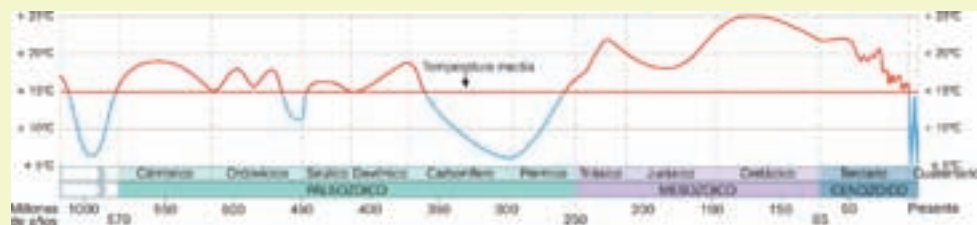
Portada del libro Cambio global. C. Duarte (coord.). Fuente: CSIC.



A.16. ¿Ha cambiado el clima en el pasado?

El clima terrestre ha experimentado grandes cambios en el pasado, de manera que han alternado periodos cálidos con otros más fríos. La gráfica representa las temperaturas medias de la superficie terrestre en los últimos 600 M.a.

1. En los últimos 600 M.a., ¿ha habido más tiempo con temperaturas por encima o por debajo de las actuales?
2. El Cuaternario es, globalmente, un periodo glacial. ¿Qué otros periodos glaciales ha habido?
3. ¿Cuál ha sido el periodo más cálido de los representados en la gráfica?
4. ¿En qué periodo terrestre cabe esperar que el nivel del mar estuviese más alto?
5. ¿Dirías que los cambios de clima han sido la norma o la excepción en la historia de la Tierra?
6. ¿En qué lugar del esquema organizativo previo (A.2) ubicarías esta actividad?



Temperaturas medias de la superficie terrestre en los últimos 1000 M.a. Fuente: W. J. Burroughs, 2002.



A.17. Burbujas de aire atrapadas en el hielo.

Durante los últimos 650.000 años, el hielo se ha ido acumulando en la Antártida. Lo ha hecho capa sobre capa, de manera que se encuentra ordenado por edades, abajo el más antiguo, arriba el más moderno. Se ha formado por compactación de la nieve y aún encierra pequeñas burbujas del aire que contenía aquella nieve. Es un "aire fósil" que nos muestra la composición de la atmósfera en el momento en que se produjo la nevada. Así, los científicos pueden ver si ha cambiado la proporción de oxígeno o de dióxido de carbono. Por otra parte, estudian la presencia de ciertos isótopos, como el ^{18}O y el ^{16}O , cuya proporción cambia con la temperatura, de manera que constituyen unos excelentes termómetros.

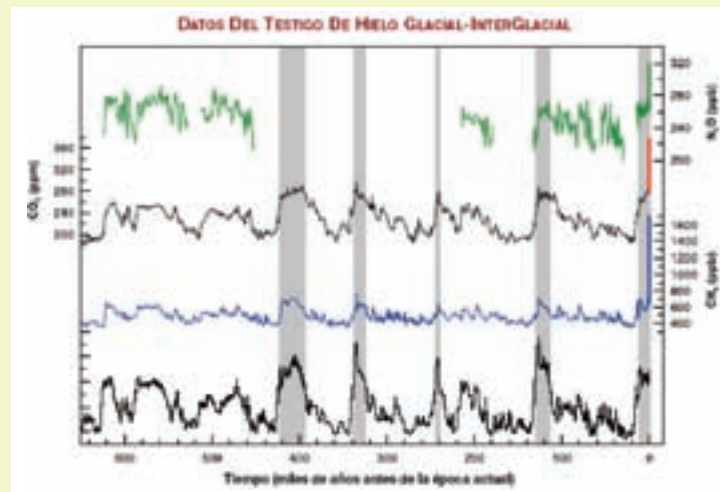
Busca información sobre los procedimientos utilizados para obtener este hielo fósil en la Antártida y en Groenlandia. Por ejemplo:

- Observatorio de la Tierra (NASA): @ http://earthobservatory.nasa.gov/Study/Paleoclimatology_Ice-Cores/
- National Oceanic and Atmospheric Administration, USA: @ <http://www.arctic.noaa.gov>



A.18. Cambios en la composición atmosférica.

En la composición actual de la atmósfera predominan el nitrógeno (78%) y el oxígeno (21%), el siguiente en abundancia es el argón (0,93%). Los demás componentes se encuentran en proporciones muy pequeñas, de manera que su presencia no suele expresarse en tantos por ciento sino en partes por millón (ppm) o en partes por miles de millones (ppb). Así, el contenido en CO_2 del aire actualmente es de 380 ppm, e indica la cantidad de moléculas de este gas por cada millón de moléculas de aire.



Evolución del contenido en testigos de hielo de N_2O , CO_2 , CH_4 y deuterio (un indicador de la temperatura) en los últimos 650.000 años. Fuente: IPCC 2007.

La gráfica muestra, de arriba abajo, los datos obtenidos del hielo glaciar sobre el contenido en N_2O , CO_2 , CH_4 , y un indicador de la temperatura en los últimos 650.000 años (0 es el momento actual).

1. ¿Entre qué valores ha venido oscilando la concentración de CO_2 en los últimos 650.000 años, exceptuando los últimos 100 (en color rojo en la gráfica)?
2. ¿Hay alguna relación entre los cambios en el contenido en CO_2 y las variaciones de temperatura?



A.19. ¿Qué ha hecho cambiar el clima en el pasado?

La órbita descrita por la Tierra cambia gradualmente de una forma casi circular a otra más elíptica. El proceso ocurre de acuerdo con un ciclo que dura unos 100.000 años. Este ciclo y otros descubiertos por Milankovitch suponen cambios en la radiación solar que llega a la Tierra y, por tanto, afectan al clima.

1. Explica por qué ese cambio en la órbita terrestre supone una modificación de la radiación solar incidente.
2. ¿Cuando la órbita es más elíptica las diferencias estacionales serán mayores o menores?
3. Además de los cambios en la radiación solar incidente, ¿qué otros cambios han podido modificar el clima?



A.20. Continentes inquietos.

A lo largo de la historia de la Tierra los continentes no han dejado de moverse, se han unido y fragmentado muchas veces, de manera que se han abierto y cerrado océanos. Aún continúan su inquieto baile. Así, la Península Ibérica se separa en la actualidad de Norteamérica a un ritmo medio de 2,5 cm/año.

1. ¿Cómo han podido influir esos movimientos continentales en el clima terrestre?
2. A veces la mayor parte de los continentes se ha encontrado en la zona intertropical, es decir, allí donde se recibe más radiación solar por m^2 . ¿Qué influencia habrá tenido en el albedo medio del planeta?



A.21. ¿Fue un invierno nuclear lo que extinguió a los dinosaurios?

Hace 65 millones de años (M.a.) algo causó la extinción de los dinosaurios y de muchas otras especies de animales y plantas. La hipótesis más aceptada como causa de esta extinción es el impacto de un asteroide de unos 10 km de diámetro. La energía liberada por el impacto equivaldría a mil millones de bombas atómicas como las de Hiroshima y generó un incremento súbito de temperatura entre 10 y 20 °C, dependiendo de las zonas, lo que provocaría

incendios masivos de bosques que liberarían a la atmósfera grandes cantidades de CO₂ y hollín. Las enormes cantidades de polvo y vapor de agua generados por el impacto, junto con el hollín, originarían nubes de aerosoles que los vientos distribuirían por todo el planeta. Estas nubes actuarían de pantalla solar provocando el enfriamiento progresivo de la superficie terrestre. El enfriamiento, a su vez, reduciría la evaporación de los océanos y, consecuentemente, disminuirían las precipitaciones.

En definitiva, a las primeras semanas de altísimas temperaturas siguieron años oscuros, fríos y secos. Es lo que se ha llamado “invierno nuclear” porque sería el escenario que seguiría a una guerra nuclear de escala planetaria.

1. ¿Qué aerosoles y de qué procedencia se han descrito? ¿Qué influencia tendrían las nubes de aerosoles en el albedo?
2. Los incendios liberaron gran cantidad de CO₂, ¿no debería haber subido la temperatura por el efecto invernadero?
3. Hace 65 M.a. hubo también una extraordinaria actividad volcánica y pudo ser una causa que contribuyese a la extinción de los dinosaurios. Incluso, para algunos científicos fue la causa principal. ¿Qué cambios puede introducir en la atmósfera una actividad volcánica muy intensa?
4. ¿Puede decirse que tanto en la hipótesis del impacto del asteroide como en el del vulcanismo fue un cambio climático lo que extinguió a los dinosaurios?



A.22. Una espiral que condujo a *snowball*.

Hace 950 millones de años (M.a.) la Tierra comenzó a enfriarse y, con diversas oscilaciones, así se mantuvo hasta hace 580 M.a. Fue, por tanto, un ¡planeta helado durante más de 300 M.a.! Dada la antigüedad y la complejidad de la situación, los científicos tienen dificultades para explicar las causas. Las hipótesis más aceptadas manejan tres procesos básicos:

- Un sol, aún joven, que emitía una radiación energética inferior a la actual en un 5-10%.
- Un aumento del albedo debido a que la mayoría de los continentes se habían desplazado a la zona intertropical, lugar en que se recibe mayor radiación solar.



Fusión de hielo glaciar. Fuente: Comisión Europea, DGMA.

- Una disminución del efecto invernadero como consecuencia de la proliferación de cianobacterias fotosintéticas que retiraron grandes cantidades de CO_2 atmosférico.

A medida que la temperatura global descendía era mayor la superficie continental y oceánica cubierta de hielo, circunstancia que aumentaba el albedo lo que, a su vez, hacía bajar la temperatura en una espiral que convirtió a la Tierra en una bola de nieve. Se conoce como hipótesis de la *Snowball Earth*.

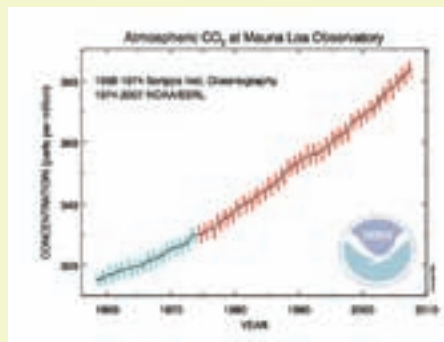
1. Indica la influencia en el clima que, individualmente, tiene de cada uno de los procesos básicos que se apuntan.
2. Señala algunas interacciones entre los tres procesos básicos.
3. En la actualidad, el calentamiento global está reduciendo las áreas de nuestro planeta cubiertas por hielo. ¿Qué influencia tendrá en el albedo? ¿Cómo afectará al cambio climático?
4. ¿Cómo pudo superarse la fase de *snowball*?



A.23. ¿Qué está pasando con el dióxido de carbono?

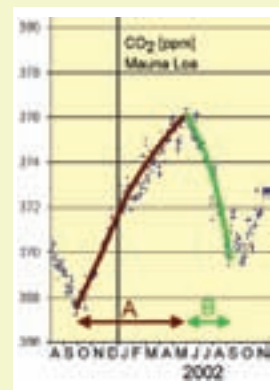
Desde 1958, el observatorio de Mauna Loa (Hawái) viene analizando la composición del aire. La gráfica recoge los cambios en la concentración de CO_2 desde esa fecha hasta 2006.

1. La gráfica muestra una oscilación anual de la concentración de CO_2 , que a veces se ha denominado “la respiración del planeta”. Para mayor información, observa la gráfica del detalle anual. ¿Cómo puede interpretarse esta oscilación anual?
2. Haz una descripción de la gráfica general e indica si es posible obtener alguna conclusión.
3. ¿Qué datos dirías que pueden preverse para los próximos años?
4. Puedes encontrar la situación actual en Mauna Loa Observatory, NOAA: <http://www.mlo.noaa.gov/livedata/livedata.html>
5. ¿En qué lugar del esquema organizativo previo (A.2) ubicarías esta actividad?



Cambios en la concentración de CO_2 tomados en el observatorio de Mauna Loa (Hawái) desde 1958.

Fuente: NOAA.

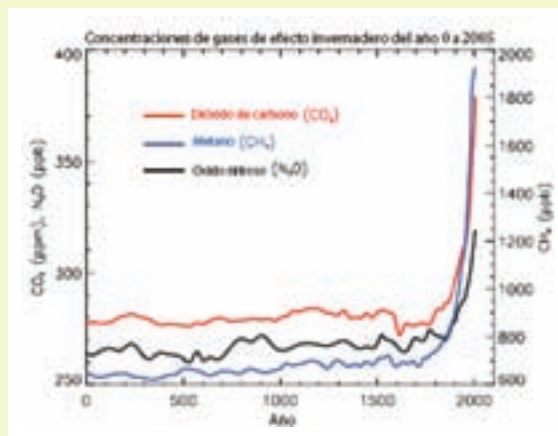


Detalle anual.
Fuente: NOAA.



A.24. No sólo ha aumentado el dióxido de carbono.

La siguiente gráfica nos muestra una perspectiva más amplia, tanto por el periodo de tiempo considerado como porque también se incorporan a ella otros gases de efecto invernadero: el metano y el óxido nitroso. En ella la concentración de CO_2 viene expresada, como en las gráficas anteriores, en partes por millón (ppm), mientras que las de CH_4 y N_2O aparecen en partes por miles de millones (ppb).



Concentraciones de los gases de efecto invernadero en los últimos 2.000 años. Fuente: IPCC 2007.

1. ¿Cómo han podido saber los investigadores la concentración que había de estos gases hace 1.000 años?
2. Los valores de estos gases de efecto invernadero se han mantenido bastante estables durante muchos siglos. ¿A partir de qué momento comienzan a incrementarse?
3. ¿A qué puede deberse que estos tres gases de efecto invernadero hayan incrementado simultáneamente sus concentraciones?
4. Ponle un título a la gráfica que consideres representativo y sea diferente al que figura en su cabecera.
5. Formula una pregunta a la que dé respuesta esta gráfica.



A.25. ¿Qué está causando el incremento de los gases de efecto invernadero?

En su resumen para los responsables de políticas, el IPCC 2007 afirma: “Las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso mundiales han aumentado, sensiblemente, como resultado de las actividades humanas desde 1750, y en la actualidad han superado los valores preindustriales determinados en muestras de testigos de hielo que abarcan muchos cientos de años. El aumento global de la concentración de dióxido de carbono se debe fundamentalmente al uso de combustibles fósiles y a los cambios del uso del suelo, mientras que el del metano y óxido nitroso se deben principalmente a la agricultura”.

1. ¿Para qué se utilizan los combustibles fósiles?
2. ¿A qué se refiere el IPCC con la expresión “cambios de uso de suelo”? ¿Cómo puede afectar este cambio a la emisión de CO_2 ?
3. En consecuencia, ¿quiénes deben considerarse responsables de la emisión de los gases de efecto invernadero?



A.26. Y podría ser peor.

La tabla muestra un balance sintético con las entradas y salidas de dióxido de carbono en la atmósfera. Por convención, las cifras positivas indican entradas de CO₂ en la atmósfera, las negativas significan retiradas de CO₂ de la atmósfera. No hay, por tanto, ningún juicio de valor en estos signos.

Origen del CO ₂	Balance anual 10 ¹⁵ g de CO ₂
Quema de combustibles fósiles	+ 7
Deforestación	+ 2
Biosfera	- 3
Océano	- 2
Balance total de la entrada anual del CO ₂	+ 4

1. ¿Cómo consigue la biosfera retirar CO₂ de la atmósfera?
2. Una parte importante del CO₂ liberado a la atmósfera pasa al océano. ¿Sabes si tiene algún efecto en el océano? ¿Podría volver a pasar a la atmósfera?
3. A la vista de esta tabla, ¿qué debería hacerse para reducir la cantidad de CO₂ en la atmósfera?
4. ¿Por qué crees que esta actividad se ha titulado “Y podría ser peor”? ¿Qué es lo que podría ser peor y por qué?



A.27. ¿De dónde viene y adónde va el CO₂?

Cualquier ser vivo, sea una bacteria, un árbol o una persona, está integrado por compuestos inorgánicos (agua y sales minerales) y compuestos orgánicos (glúcidos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos). Todos los compuestos orgánicos contienen carbono. El carbono lo incorporan las plantas con el CO₂ que toman del aire para originar con él, con el agua, y gracias a la energía luminosa, los compuestos orgánicos que integran su cuerpo. Así se inicia un recorrido sin fin denominado ciclo del carbono.

Haz un esquema que represente el ciclo del carbono. Debes procurar que en él aparezcan los intercambios de este elemento que se producen entre los cuatro reservorios naturales: atmósfera, hidrosfera, biosfera y litosfera.



A.28. ¿Quién, en definitiva, está causando el cambio climático?

El IPCC 2007 afirma textualmente lo que sigue: “Es *muy probable* que los incrementos en los gases de efecto invernadero antropogénicos hayan causado la mayoría del incremento observado en las temperaturas mundiales desde mediados del siglo XX. Sin el efecto de enfriamiento de los aerosoles atmosféricos, es *probable* que los gases de efecto invernadero

por sí solos hubieran causado un incremento mayor en la temperatura media mundial que el observado en los últimos 50 años”.

1. El IPCC atribuye el actual cambio climático a la actividad humana. Resume las ideas principales que, a tu juicio, apoyan estas tesis. Indica también las dudas que tengas sobre esta conclusión y las objeciones que le veas.
2. En el párrafo del IPCC reseñado se atribuye a los aerosoles un papel de enfriamiento. ¿Por qué producen enfriamiento? ¿Significa esto que una posible solución al cambio climático podría ser la emisión de grandes cantidades de aerosoles? ¿Por qué?



A.29. Diferencias Norte-Sur.

Las emisiones medias de CO₂ por persona y año ascienden a 5,5 toneladas, aproximadamente el doble de lo que se considera el límite para no provocar interferencias graves en el clima global. Sin embargo, el reparto de estas emisiones es muy desigual. Así, mientras que los países en desarrollo emiten de media 2 toneladas per cápita, en Europa se emite 7,8. Estados Unidos ostenta el triste récord con 20,6 toneladas de CO₂ per cápita.

1. Algunos de los países más superpoblados, como China, India y Brasil, que se encuentran en fase de expansión económica, están incrementando mucho sus emisiones de CO₂ y se quejan de que los países desarrollados les presionan para que las reduzcan. Consideran que eso frenará su desarrollo económico y no son ellos los que más gases de efecto invernadero emiten. ¿Cómo valoras la posición de unos y otros?
2. ¿Cuál debería ser el comportamiento de los países desarrollados?



Emisiones medias de CO₂ por países. Fuente: CDIAC, en Informe Desarrollo Humano 2007-2008 (PNUD).



A.30. ¿Cuántos planetas necesitamos?

Cuentan que en vísperas de la independencia de la India le preguntaron a Gandhi si él creía que su país podría seguir el modelo de desarrollo industrial británico. Su respuesta fue: “Para lograr su prosperidad, Gran Bretaña usó la mitad de los recursos de este planeta. ¿Cuántos planetas necesitaría la India para lograr el desarrollo?”.

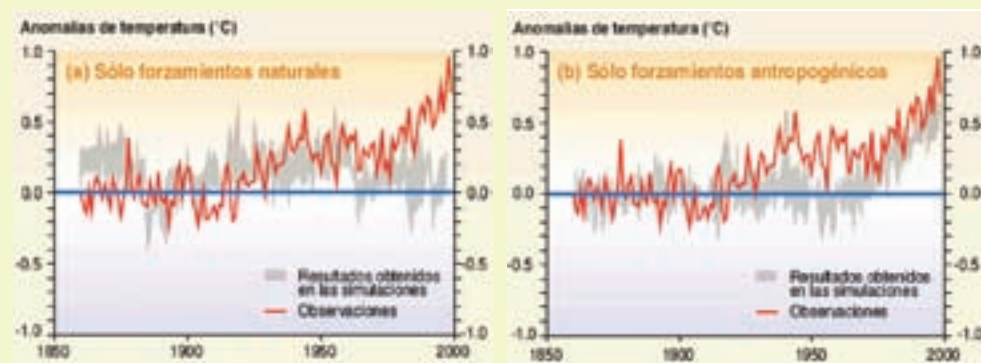
La idea central de la que hablaba Gandhi es lo que hoy conocemos como “huella ecológica”. La huella ecológica de una persona es el área biológicamente productiva que se necesita para producir los recursos que consume y absorber los desechos que genera esa persona.

1. El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ha realizado el cálculo y afirma: “Si cada habitante del mundo en desarrollo dejara la misma huella ecológica que el habitante promedio de los países de ingreso alto, las emisiones mundiales de CO₂ aumentarían a 85 Gt y con ese nivel se requieren seis planetas”. ¿Te parece razonable esta situación? ¿Te parece sostenible?
2. Puedes calcular tu huella ecológica en esta página de la Unión Europea: <http://www.my-carbonfootprint.eu/es/>



A.31. Adónde nos lleva el cambio climático.

Un modelo es una representación simplificada de la realidad. Los modelos climáticos son programas informáticos en los que los científicos introducen las principales variables que intervienen (radiación solar, albedo, composición atmosférica...) de cuya interacción resulta el clima. El modelo se puede utilizar para predecir qué ocurrirá si se incrementa, por ejemplo, el contenido de CO₂ de la atmósfera. Utilizando modelos de la evolución climática, los científicos han introducido datos antiguos para comprobar si predicen la evolución conocida de la temperatura.



Proyecciones de anomalías de la temperatura realizadas con modelos. Fuente: IPCC 2001.

La gráfica (a) se ha obtenido considerando sólo procesos naturales, mientras que en la (b) se han tenido en cuenta procesos naturales y la actividad humana. La línea roja representa la temperatura y la franja gris el pronóstico realizado por los modelos.

1. Indica si hay o no coincidencia entre la temperatura real y el valor pronosticado para la primera mitad del siglo XX en el modelo (a) y en el (b).
2. ¿Qué ocurre en la segunda mitad del siglo XX? ¿Cuál de los modelos predice mejor la evolución de las temperaturas hasta la situación actual?
3. ¿Qué conclusiones pueden obtenerse? ¿Cuál de los dos modelos utilizarías para predecir la temperatura media que habrá dentro de 20 años?
4. ¿Qué variables han debido introducir los investigadores en el modelo B?

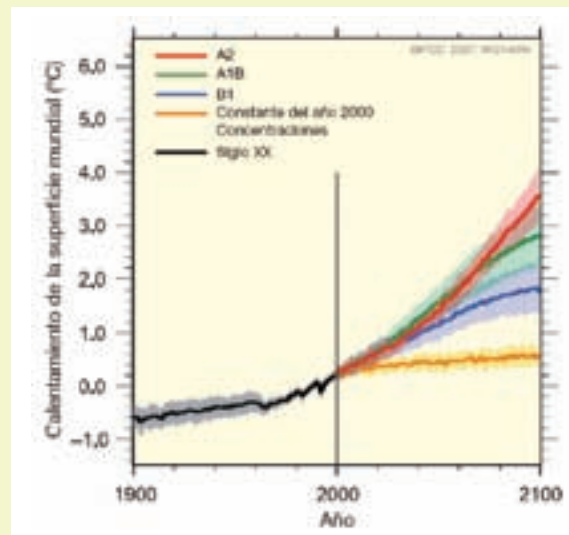


A.32. Diversidad de escenarios.

Para realizar las proyecciones del cambio climático en el futuro, los investigadores del IPCC utilizan “escenarios”. Un escenario es una representación plausible y simplificada del clima del futuro, basada en un conjunto de datos internamente coherentes.

Pero por qué es necesario contemplar diferentes escenarios. Las estimaciones sobre la población mundial que habrá al final del siglo XXI van desde 6.500 a 15.000 millones de habitantes. Naturalmente, el consumo de combustibles fósiles y otras materias primas no será igual en un caso y en otro. No puede saberse si seremos sensatos y reduciremos el consumo o continuaremos como si nada ocurriese pensando en que ya lo arreglará la ciencia y la tecnología, etcétera.

Los escenarios proporcionan hipótesis de trabajo. En el IPCC se han manejado cuatro familias de escenarios que incluyen combinaciones de cambios demográficos, desarrollo económico y social y adelantos tecnológicos en los que se atribuye a cada uno de ellos magnitudes posibles. El manejo de escenarios proporciona un abanico de resultados entre los cuales es muy probable que se dé la situación futura.



Proyecciones realizadas para el siglo XXI de las temperaturas medias globales atendiendo a cuatro escenarios básicos. Fuente: IPCC 2007.

La gráfica muestra las proyecciones realizadas para las temperaturas medias globales. Las líneas marcan los valores previstos para algunos de los escenarios. El sombreado señala el intervalo de incertidumbre. La línea naranja representa lo que ocurriría si los valores de los gases de efecto invernadero se mantuvieran como en el año 2000.

1. Describe esta gráfica.
2. Ponle un título diferente al que figura en el lateral.
3. Formula alguna pregunta a la que dé respuesta esta gráfica.
4. ¿En qué lugar del esquema organizativo previo (A.2) ubicarías esta actividad?

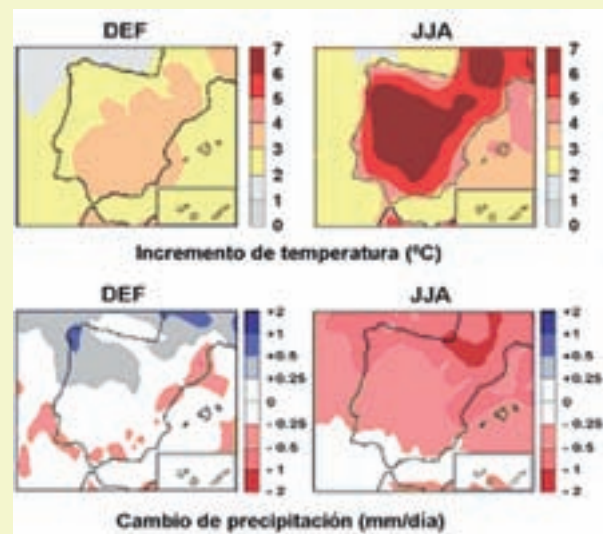


A.33. Un impacto desigual.

Los modelos climáticos pronostican para finales del siglo XXI, en general, una acentuación de los impactos que están produciéndose en estos momentos. En todo caso, estos impactos afectarán de forma muy diversa a diferentes lugares debido a que, por una parte, no en todos los lugares los cambios alcanzarán la misma magnitud y, por otra, no todos los lugares son igualmente vulnerables.

Los mapas representan las proyecciones para 2071-2100 para nuestro país de cambios de temperatura y precipitación. Los datos se han promediado para invierno (DEF) y para verano (JJA).

1. ¿Cuáles son las previsiones de incremento de temperatura en España en cada una de las estaciones referenciadas? ¿Para qué zonas se prevé un mayor incremento?
2. La situación de las precipitaciones es más compleja. Describe los cambios más importantes en invierno y verano.

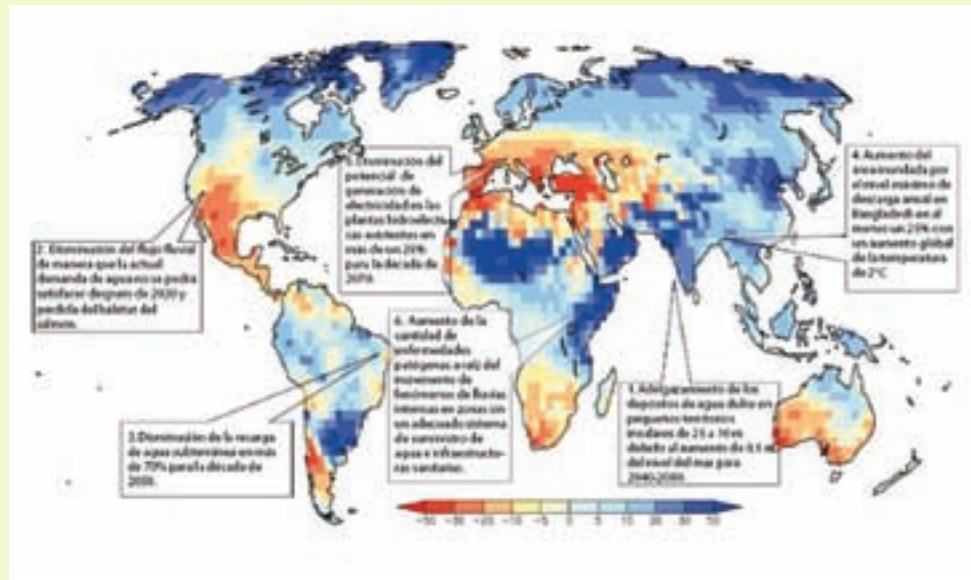


Proyecciones para 2071-2100 de cambios de temperatura y precipitación en España. Fuente: Oficina Española para el Cambio Climático (OECC).



A.34. ¿Habrá agua para todos?

El régimen de lluvias experimentará cambios notables. El mapa recoge los efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua dulce. En azul figuran las zonas en las que se incrementarán las lluvias y con ellas la escorrentía superficial expresada en tantos por ciento, y en rojo la reducción de la escorrentía.



Efectos del cambio climático en la disponibilidad de agua dulce: Fuente: IPCC 2007.

1. ¿En qué zonas se prevé un incremento de la escorrentía superficial? ¿Qué efectos puede tener este cambio?
2. ¿Qué se prevé para la zona mediterránea en su conjunto?
3. ¿De qué manera pueden verse afectados los ecosistemas mediterráneos?



A.35. La sexta extinción.

Los ecosistemas muestran cierta capacidad para adaptarse a cambios climáticos naturales. Uno de los problemas del cambio climático actual es que se está produciendo a un ritmo mucho mayor y sus consecuencias pueden ser terribles para la biodiversidad del planeta. La extinción de especies que está produciéndose se denomina a veces “la sexta extinción”, en alusión a las cinco grandes extinciones en masa ocurridas a lo largo de la historia de la Tierra. En todo caso, los efectos no tendrán la misma gravedad si el incremento de temperatura a lo largo de este siglo es de 1 °C que si es de 4 °C.

El IPCC señala que “muy probablemente haya cambios fundamentales en la estructura y funcionamiento de ecosistemas marinos y terrestres a raíz de un calentamiento mundial de 2 a 3 °C por encima de los niveles preindustriales y del aumento asociado de CO₂ atmosférico”. El cuadro resume algunos de los cambios en los ecosistemas que pueden ocurrir en función del incremento de la temperatura.



Principales cambios en los ecosistemas que pueden ocurrir en función del incremento de la temperatura.

Fuente: IPCC 2007.

1. La extinción de una especie es un proceso irreversible, de ahí su importancia y gravedad. Busca información sobre algunas especies que se han extinguido en los últimos siglos.
2. ¿Qué tipos de especies crees que serán más vulnerables, las endémicas o las que tienen mayor distribución? ¿Por qué?



A.36. ¿Podemos aceptar una situación así?

A partir de la información siguiente:

1. Resume las ideas principales que figuran en ella.
2. A tu juicio, ¿qué deberían hacer los países industrializados para evitar situaciones como ésta?



LALI CAMBRA • *El País*, Ciudad del Cabo, 5 de diciembre de 2007

África sufre lo que contaminan otros

Sequías e inundaciones amenazan el continente que menos ensucia el planeta

Chad se seca, los pescadores se han hecho agricultores y donde antes se cobraban piezas de más de un metro, ahora se plantan hortalizas. Los campesinos de Suráfrica, Lesoto, Suazilandia o Zimbabue miran al cielo con desconfianza: llevan tres sequías en una década, cuando antes la relación era de una cada diez años. En el cuerno de África, la comida llega en forma de ayuda humanitaria y los pastores nómadas no tienen con qué alimentar a sus rebaños. Se desconoce hasta qué punto es atribuible al cambio climático, pero sí se sabe que África, el continente que menos ha contribuido al calentamiento del planeta, es el que más va a sufrirlo.

“El estado de Tejas, con 23 millones de personas, emite más CO₂ que los 720 millones de residentes en el África subsahariana”, reza el informe sobre África del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático de las Naciones Unidas. “Si los pobres del mundo consumieran la misma energía que Estados Unidos o Canadá, se necesitarían nueve planetas para lidiar con la contaminación”. Mientras, los pescadores de Ngomeni, un pueblo a cien kilómetros al norte de Mombasa, Kenia, han reconstruido sus casas dos veces en un año porque los niveles del mar siguen subiendo. Poniendo puertas al viento, construyen diques con basura, ya que no disponen de nada mejor.

Los niveles del mar, de acuerdo con el Panel Intergubernamental, crecerán en el Índico, aunque preocupan más los países del Atlántico: Senegal, Gambia, Costa de Marfil o Nigeria, en cuyas costas vive gran parte de la población, que se convertirán en refugiados internos. Por otro lado, se esperan mayores sequías en los países del Cuerno de África. Algo que ya ocurre, y “afecta a millones de agricultores cuya supervivencia depende de la llegada de las lluvias. Son la mayoría de los campesinos”, explica Richard Lee, portavoz del Programa Mundial de Alimentos. “Además de hacerlos más vulnerables, con el cambio climático habrá más desastres naturales, como ciclones e inundaciones. Ya los estamos viendo”.

“El cambio climático tiene mayor impacto en África porque se produce en países pobres, sin opciones para cambiar de actividad económica”, explica Mark Tadross, ingeniero ambiental de la Universidad de Ciudad del Cabo (UCT), quien participa en un



estudio para prever el cambio climático, algo vital para que el campesino sepa si puede esperar agua o no, y sustituir los cultivos de maíz, dependientes de la lluvia, por los de sorgo o mijo, más resistentes”. En Lesoto, que afronta la peor sequía en treinta años, se ha dejado el tractor a un lado y las semillas se plantan en pequeños cubículos con tierra, que retienen la escasa lluvia. En el continente africano, el aumento de las temperaturas puede suponer un mayor número de infectados por malaria, ya que el mosquito que la transmite podrá sobrevivir a mayor altura o por más tiempo. La escasez de agua potable por falta de lluvias o inundaciones hará aumentar los casos de cólera, disentería o diarreas, la primera causa de mortalidad infantil en la región. Y no hay que olvidar que la competencia por recursos escasos, como el agua, puede exacerbar conflictos entre nómadas y agricultores.

El cambio climático no sólo afecta a los humanos. La corriente de Benguela (en la zona del Atlántico de Suráfrica, Namibia y Angola), según científicos consultados, está cambiando. Muy fría, plagada de nutrientes, era un paraíso para las especies marinas. Ahora las sardinas, por ejemplo, están dirigiéndose hacia el Índico y se desconocen las consecuencias que esto va a tener para la supervivencia de pájaros marinos únicos, o pingüinos y focas. Y para la industria pesquera de la zona, incluida la española, que opera en el caladero de Namibia. El cambio climático en los animales, que también deberán competir por un agua escasa, y en el paisaje, tendrá además repercusiones en la esperanza blanca del continente: el turismo.

Aun así, China o India han recibido más ayudas para luchar contra los efectos del cambio climático que África.



A.37. ¿Qué podemos hacer?

El problema al que nos enfrentamos es grave, pero no debe caerse el error de considerar que la situación no tiene arreglo. Lo que hay que hacer es analizar el problema, asumir las conclusiones y actuar en consecuencia. Los científicos del IPCC han analizado la situación y han ofrecido innumerables datos que avalan sus conclusiones. Sin embargo, muchos Gobiernos de los países se han resistido a aceptar bien que hay un cambio climático en marcha o bien la responsabilidad humana en él.

1. En la reunión celebrada en Valencia en noviembre de 2007, representantes de 130 países terminaron aceptando la responsabilidad humana en el cambio climático. ¿Por qué crees que algunos Gobiernos han mostrado tanta resistencia?
2. ¿Qué le dirías a un representante del Gobierno para convencerlo de la necesidad de adoptar medidas contra el cambio climático?



RAFAEL MÉNDEZ / SARA VELERT • Valencia, 14 de noviembre de 2007

Los gobiernos aceptan atribuir al hombre el calentamiento global

El pacto de Valencia desautoriza a los escépticos al asumir la evidencia científica

Si alguien quería intentar dinamitar el acuerdo científico de que la causa del cambio climático es la actividad humana tuvo ayer su oportunidad. Pero nadie quiso. Los 450 delegados de 130 países reunidos en Valencia aceptaron el texto preparado por los científicos del Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) que atribuye al hombre —con más del 90% de probabilidades— el calentamiento de los últimos 50 años. Según fuentes de la reunión, que se celebra a puerta cerrada, el texto salió adelante sin apenas polémica ni cambios.

Puede que el pacto no sea muy relevante científicamente al tratarse de un tema zanjado, pero tiene un gran calado político. Por un lado, demuestra que no quedan gobiernos que nieguen en voz alta la influencia del hombre sobre el clima y por otro, el texto será la base para la negociación del nuevo tratado que sustituya al de Kioto.

La reunión de Valencia avanza más lentamente de lo previsto. Por párrafos, los delegados reunidos a puerta cerrada revisan el texto redactado por un equipo científico que sintetiza en 22 páginas los tres informes sobre el cambio climático que el IPCC ha aprobado a lo largo del año. Hay discusiones muy técnicas sobre casi cada coma, pero los datos son inamovibles. Ayer a las 20.15, la cumbre revisaba la página ocho y decidió prolongar la sesión hasta pasadas las diez de la noche.



© EL PAÍS, SL: Carles Francesc

A primera hora de la tarde, la reunión afrontó el primer párrafo de la página siete, probablemente el más polémico del informe: “La mayor parte del incremento observado en las temperaturas medias desde la mitad del siglo XX se debe, muy probablemente, al incremento observado en los gases de efecto invernadero antropogénicos [de origen humano]”. La traducción no es oficial porque sólo se trabaja con un texto en inglés.

El IPCC detalla que cuando dice “muy probablemente” quiere decir “con más del 90% de probabilidades, y es lo más a lo que científicamente se puede llegar. El borrador añade acto seguido que en esos 50 años “la suma de los forzamientos solares y volcánicos

sigue>

>continúa

habrían producido probablemente un enfriamiento, no calentamiento” del planeta.

“El párrafo ha pasado sin demasiados problemas. Los países saben que ya es tarde para rebajar este punto”, explicó uno de

los presentes. De hecho, las enmiendas sobre ese punto, incluida la de Estados Unidos, pretendían aclarar la redacción del efecto de la radiación solar y los volcanes porque la consideraban confusa.



A.38. Cómo se construye una argumentación.

Seguramente, el mensaje al representante del Gobierno al que se refiere la actividad anterior puedes mejorarlo si aprendes a construir una argumentación. Argumentar es emitir un juicio razonado. La argumentación va dirigida a un interlocutor (que puede, o no, estar presente) con la intención de convencerlo. No todas las argumentaciones siguen la misma estructura. En cualquier caso, una argumentación debe incluir:

- **Idea de partida.** Afirmación sobre la que se organiza la argumentación.
- **Datos.** Son cifras, hechos o declaraciones que se usan como evidencias que apoyan una afirmación.
- **Justificaciones.** Frases que explican la relación entre los datos y la idea de partida. Pueden incluir conocimientos teóricos en los que se basa la justificación (fundamentos).
- **Conclusión.** Idea final que se deduce de la argumentación. Puede, o no, coincidir con la idea de partida pero tiene que derivarse del cuerpo de la argumentación.

1. Mi idea de partida es...	El Real Madrid es el mejor equipo de fútbol de España.	La actividad humana está causando un cambio climático de graves consecuencias.
2. Los datos en los que se basa son...	Es el que más campeonatos de Liga ha ganado.	
3. Estos datos apoyan mi idea porque... (justificaciones)	Como todos los equipos compiten entre sí cada año para ganar la Liga, el que consigue ganarla es el mejor de ese año. El que más veces la ha ganado debe ser el mejor.	
4. En consecuencia... (conclusión)	El Madrid es el mejor equipo de fútbol de España.	

La argumentación mejora si se ofrecen **más datos** que apoyan la idea de partida y se incluye además:

- **Refutaciones o contraargumentos.** Enunciados que contradicen datos, bien de los que se han ofrecido o bien de los defendidos desde posiciones contrarias.
- **Comparaciones** con otras ideas alternativas, indicando **ventajas** e **inconvenientes**.

2.2. Y... (más datos)	También ha sido el que más copas de Europa ha ganado.
3.2. Es verdad que... (refutaciones)	No siempre gana el que mejor juego hace. Ha habido años en los que el Barça ha jugado mejor y ha ganado el Madrid.
3.3. Comparaciones (ventajas e inconvenientes)	Sin embargo, la belleza del juego tiene el inconveniente de ser un criterio muy subjetivo y sobre esa base resultaría difícil ponerse de acuerdo.

1. Elabora una argumentación contraria a la idea de que “el Real Madrid es el mejor equipo de fútbol”. Recuerda que no basta con hacer afirmaciones o negaciones, la argumentación debe basarse en datos y estar justificada.
2. Construye una argumentación en defensa de la idea de “la actividad humana está causando un cambio climático de graves consecuencias”.



A.39. Evitar la tala de bosques.

En diciembre de 2007, se reunieron en Bali (Indonesia) delegados de 180 países para intentar llegar a un acuerdo sobre la reducción de las emisiones de CO₂. En esa reunión los países tropicales exigieron a los países ricos que los compensasen por mantener sus bosques.



El País, lunes 10 de diciembre de 2007

No hay acuerdo sobre cómo ni con cuánto dinero, pero la cumbre del Clima de Bali (Indonesia) comienza a asumir que a partir de 2012 los países ricos deberán compensar a los tropicales por sus bosques. No se trata de pagarles para que reforesten sino algo mucho más rompedor: compensarles (con dinero o derechos de emisión, está por ver) para que mantengan los pulmones del planeta como están, para que

no talen, ya que el 20% de las emisiones de CO₂ proceden actualmente de la tala de bosques. Indonesia pierde cada año el 2% de su superficie forestal, lo que le ha convertido en uno de los grandes contaminadores del planeta y quiere, junto a países como Brasil, Ecuador, México, Papua o Congo, poner el asunto en primer plano. Por eso es por lo que Indonesia acoge en Bali la cumbre del clima.

sigue>

>continúa

Las iguanas cruzan perezosas las calles de Nusa Dua, el gigante complejo hotelero en el que más de 15.000 delegados de 180 países comenzaron el lunes pasado la negociación para alcanzar un acuerdo que en 2012 sustituya al Protocolo de Kioto. En ese pacto, los países ricos se comprometieron a reducir sus emisiones un 5,2% en 2010 respecto a 1990. Hay que renovarlo para que en enero de 2013 entre en vigor otro mucho más ambicioso, con una reducción de emisiones de entre el 25% y el 40%.

De Bali no saldrá un reparto de emisiones ni acuerdos cerrados sino un mandato, el mapa con el que negociar para que en 2009 haya un nuevo texto. Y en ese mandato es donde se incluirá probablemente una mención a los incentivos para evitar la deforestación. El momento no podía ser mejor para la reunión. Con el Premio Nobel que hoy reciben Al Gore y el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, y tras dos años en los que la conciencia mundial sobre el calentamiento global ha crecido exponencialmente, todos los ojos están puestos en Bali.

Este pequeño enclave del Pacífico, una isla hinduista en un país de 200 millones de musulmanes, está tomado por la policía. Para entrar en el complejo hotelero —casi todas las grandes cadenas, desde Meliá a Hilton tienen su megahotel— policías armados hasta los dientes revisan hasta el bajo de los coches. El atentado islamista que en 2002 azotó la isla ha hecho extremar la seguridad, ya que el miércoles comienzan a llegar ministros de todas partes del mundo.

Las posiciones de partida no pueden ser más distintas: Europa quiere conseguir una gran reducción de emisiones, Estados Unidos, que esto se acabe cuanto antes, y China, India y el resto de los países emergentes, dinero para seguir creciendo (y contaminando)... Pero si algo ha unido a los países más dispares es que el acuerdo que sustituya a Kioto debe incluir una compensación a los que mantengan sus bosques.

Daniel Mudiyarso es un climatólogo indonesio del Centro Internacional para la Investigación Forestal (CIFOR). Está especializado en adaptación de los bosques tropicales al cambio climático. “La deforestación es la segunda causa de las emisiones

de gases de efecto invernadero. Cada año, la pérdida de bosques supone la emisión a la atmósfera de 6.000 millones de toneladas de CO₂. Sólo conseguir reducir a la mitad esa cantidad sería ya un gran éxito y tendría un gran impacto”, explica en Bali a este diario. Para eso hacen falta entre 5.000 y 10.000 millones de dólares al año, añade.

Mudiyarso sabe de lo que habla, ya que vive en la vecina isla de Java. Mientras que el turismo ha salvado a Bali de la deforestación, Java ha sucumbido a las llamas y a la producción de aceite de palma para alimentación, cosmética y biocombustibles que se usan en Europa y Estados Unidos. Indonesia pierde el 2% de sus bosques al año, lo que, según el Banco Mundial, lo coloca “entre los grandes emisores industriales de gases de efecto invernadero, como China y Estados Unidos”. Un informe de Greenpeace presentado en Bali denuncia que el archipiélago indonesio, con menos del 0,1% de la superficie terrestre, emite el 4% de las



emisiones de gases de efecto invernadero.

Hay acuerdo en que el objetivo de reducir las emisiones entre un 25% y un 40% en todo el mundo para estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero será prácticamente imposible sin atajar la deforestación. Y los países tropicales, que albergan los pulmones del planeta (los árboles al crecer absorben CO₂ y al quemarse lo liberan) se han lanzado a aprovecharlo. Brasil, Indonesia, Ecuador, Tanzania, Liberia, Colombia, Costa Rica, Ecuador, India, los países de la cuenca del Congo, entre otros, reclaman ser compensados por esos bosques. “En Bali se discutirá el precio que los ricos tienen que pagar”, ha declarado enérgico Lula da Silva en relación a la “deforestación evitada”, concepto que ganará peso en los próximos años.

En Kioto no se incluyeron ayudas a quienes mantuvieran sus bosques, aunque sí había incentivos para reforestar. Y eso ha hecho que Brasil, que llega con buena nota al conseguir por tercer año consecutivo frenar la destrucción de la Amazonia, no tenga más incentivos que Indonesia.

Es más que probable que en Bali no haya un texto cerrado. La contabilidad de los bosques se presta al trapeicheo y tampoco está claro cómo se pagaría: algunos países forestales piden dinero directamente; otros, financiación para los pobres que cuidan los bosques;

sigue>

>continúa

otros, créditos de carbono para vender en el mercado internacional; otros, más permisos para emitir; y algunos, un fondo mil millonario internacional.

Los países ricos tienen claro que en el tratado que sustituya a Kioto tendrán que estar (aunque sea con compromisos voluntarios de

emisiones o de generación con renovables) países como China, India, Brasil o Indonesia, que suman más de 2.800 millones de habitantes y son cuatro de los cinco países más poblados del planeta. Tienen las mayores reservas forestales. Y buena parte de la solución al cambio climático.

1. Recoge los datos e ideas más importantes que figuran en la información que se presenta.
2. ¿Cómo valoras la posición de los países tropicales?
3. Busca información sobre el resultado de la reunión de Bali. Por ejemplo en el portal de Naciones Unidas para el Cambio Climático: @ <http://www.un.org/spanish/climatechange/>



A.40. De Kioto a Bali.

En 1997 los países industrializados se reunieron en la ciudad de Kioto y firmaron un acuerdo, el *Protocolo de Kioto*, para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero que entró en vigor en 2005. A pesar de sus limitaciones e incumplimientos que han sido revisados por los acuerdos de Bali (diciembre de 2007), la Unión Europea ha puesto en marcha 42 medidas que implican:

- Incrementar el uso de las energías renovables (eólica, solar, biomasa, geotérmica, mareas), de manera que se frene la quema de combustibles fósiles.
- Mejorar la eficiencia de los automóviles.
- Mejorar la eficiencia energética de los electrodomésticos.
- Fomentar la eficiencia energética en edificios.
- Impulsar la investigación científica y el desarrollo tecnológico que tenga como objetivos la eficiencia energética, el uso de energías renovables y la retención del CO₂.
- Proteger y mejorar los sumideros naturales de gases de efecto invernadero. Los principales sumideros naturales de CO₂ son la vegetación y el océano.
- Investigar y experimentar tecnologías que actúen como sumideros artificiales de CO₂, como el almacenamiento en el fondo oceánico y en formaciones geológicas profundas.



Electrodoméstico con etiqueta de eficiencia energética de la UE. Fuente: Comisión Europea, Dirección General de Medio Ambiente.

1. Indica cuál es el sentido y utilidad de cada una de estas medidas.
2. ¿Conoces la etiqueta de eficiencia energética de la UE que informa sobre el consumo medio de un electrodoméstico? Puedes encontrar información en el Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía: <http://www.idae.es/index.asp?i=es>
3. ¿Por qué se consideran la vegetación y el océano sumideros naturales?

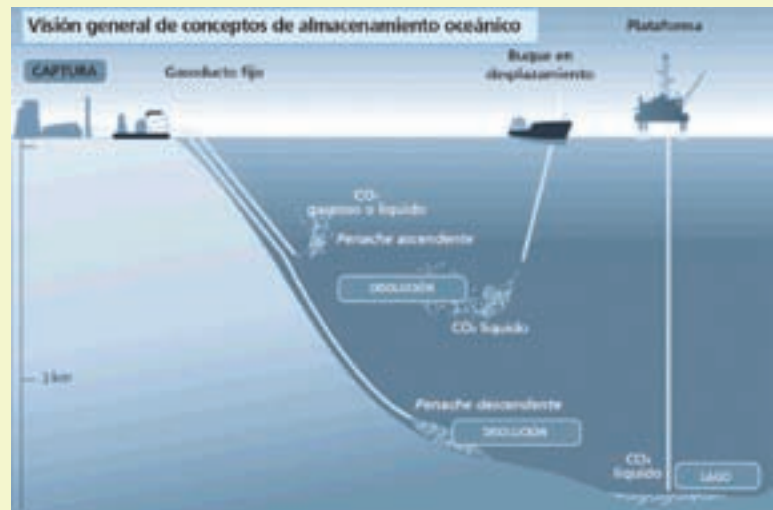


A.41. El peligro de los sumideros antropogénicos.

Los sumideros antropogénicos son tecnologías diseñadas para retirar los gases de efecto invernadero producidos antes de que sean emitidos a la atmósfera, almacenándolos en lugares en los que permanezcan un tiempo que resulte relevante desde la perspectiva climática. Los sistemas más importantes son la inyección de estos gases en formaciones geológicas profundas y en el océano y se encuentran en fase de investigación y desarrollo.

En el almacenamiento oceánico el CO₂ comprimido se inyecta en las aguas oceánicas por debajo de 1 km de profundidad para que se disuelva en el agua. También puede depositarse a más de 3.000 metros de profundidad, condiciones en las que el CO₂ líquido es más denso que el agua formando una especie de “lago” en el fondo oceánico. El principal riesgo del almacenamiento oceánico es que se proporciona mayor acidez a las aguas, lo que afectaría negativamente a los organismos marinos.

Almacenamiento oceánico de CO₂ comprimido. Fuente: PNUMA.



1. El almacenamiento oceánico presentan algunos riesgos, como la posibilidad de escapes durante su proceso de captura o de transporte y, sobre todo, el incremento de la acidez de las aguas. ¿Por qué aumenta la acidez? ¿Qué consecuencias puede tener dicho incremento?

2. Busca información sobre el almacenamiento geológico. Por ejemplo, en el portal de Naciones Unidas para el Cambio Climático: @ <http://www.un.org/spanish/climatechange/background/ghg.shtml>



A.42. Qué puedes hacer tú.

Todos podemos y debemos luchar contra el cambio climático. La Unión Europea nos hace algunas sugerencias que pueden resultar muy útiles:

- Recicla. Reciclar 1 kg de latas de aluminio usadas consume diez veces menos energía que producirlas, y se utiliza mucha menos energía para fabricar papel a partir de periódicos viejos que de la pulpa de madera.
- Ahorra agua caliente tomando duchas en vez de baños: consumirás cuatro veces menos energía.
- No olvides apagar las luces cuando no hagan falta. Los hogares son responsables del 30% del consumo de electricidad en la UE, de manera que si todos ahorramos electricidad, el efecto será considerable.
- Cuando tengas que comprar bombillas, prueba las de bajo consumo: duran más y usan cinco veces menos electricidad que las convencionales.
- No dejes el televisor, la cadena o el ordenador en modo de espera (*standby*): es el modo en que queda encendida una lucecita roja. En promedio, el 45% de la energía que consume un televisor lo hace en modo *standby*. Si todos los europeos evitaran este modo, ahorrarían la electricidad que consume un país del tamaño de Bélgica.
- No dejes tampoco el cargador del móvil enchufado cuando no estés cargando el teléfono. Si lo haces, el 95% de la electricidad se pierde: sólo el 5% se usa realmente para recargar la batería del móvil.
- Si tú o tus padres compráis un nuevo electrodoméstico, por ejemplo un frigorífico o una lavadora, cercioraos de que la etiqueta europea de eficiencia energética que todo electrodoméstico debe llevar sea "A": esto garantiza que hace un uso muy eficiente de la energía.
- Busca productos que lleven la etiqueta ecológica europea, simbolizada por una florecita, en tiendas y supermercados. Esto significa que los han fabricado ajustándose a normas medioambientales estrictas.



Algunas sugerencias para el ahorro energético. Fuente: Comisión Europea, DGMA.



- No pongas la calefacción muy alta. Bajar la temperatura en sólo 1 °C puede reducir hasta en un 7% la factura energética de una familia.
 - Para ventilar, abre la ventana de par en par durante unos minutos y luego vuévela a cerrar, en vez de dejar que el calor se escape durante mucho rato.
 - El automóvil particular es responsable del 10% de las emisiones de CO₂ de la UE. El transporte público, la bicicleta y la marcha a pie son alternativas más baratas y saludables.
 - Si tus padres van a comprar un coche nuevo, pídeles que sea un modelo pequeño y eficiente. De acuerdo con la legislación europea, los fabricantes de automóviles deben mostrar la información relativa a la cantidad de CO₂ que emiten sus automóviles.
 - Planta un árbol en la escuela, en el jardín o en el barrio. Cinco árboles absorben habitualmente una tonelada de CO₂ a lo largo de su vida.
1. La unión Europea ha elaborado un documento dirigido a los jóvenes cuyo título es “Recicla, camina, apaga, baja... ¡Comprométete!”. Clasifica cada una de las recomendaciones anteriores en los apartados recicla, camina, apaga, baja y otras actividades. Completa esa clasificación con otras actividades que puedan adoptarse y vayan en la misma línea.
 2. Haz un póster en el que se anime a los demás a realizar pequeños cambios en su comportamiento que contribuyan a reducir el consumo energético y las emisiones de CO₂.
 3. Habla con la dirección de tu centro para que se adopten medidas en relación con el ahorro de energía, calefacción y reciclado de papeles.
 4. Organiza una marcha en bici con algún patrocinador y utiliza la recaudación para una campaña contra el cambio climático.



CARLOS DUARTE • *Cambio global*

“El cambio global es un problema en el que concurren importantes intereses, muchas veces con un trasfondo económico, que son particularmente aparentes en el caso del uso de los combustibles fósiles y su papel en el cambio climático, que podría afectar a petroleras, empresas del sector, industrias asociadas (por ejemplo el automóvil) y los intereses económicos de poderosos países productores. En la presencia de fuertes intereses, económicos, políticos y corporativos, enfrentados en torno a la cuestión es preciso estar alerta a campañas de desinformación.

Uno de los baluartes de estas campañas de desinformación es y sigue siendo la incertidumbre científica. Como hemos indicado ya, la incertidumbre es una característica inherente a la ciencia moderna (...) Todas las teorías científicas que se pueden encontrar hoy en

día en los libros de texto son inciertas y están abocadas a ser sustituidas por otras teorías que expliquen mejor y de forma más sencilla y general las observaciones. Éste es el motor de la ciencia, que se debe entender adecuadamente sin que esto signifique que las teorías actuales no son fiables, sino simplemente que son mejorables.

(...) Lo que se puede plantear a la comunidad científica es si hay evidencia, más allá de una duda razonable, de que el planeta está sufriendo cambios fundamentales en su funcionamiento y que la actividad humana tiene un papel fundamental en estos cambios. La respuesta es claramente afirmativa, como recoge el IPCC en su informe de 2001, y presenta un amplísimo —aunque no universal— consenso en el seno de la comunidad científica.”



A.43. Sobre la incertidumbre en la ciencia.

1. A veces se señala que en el debate sobre el cambio climático hay intereses económicos pero que no son los de las petroleras sino los de las centrales nucleares que están haciendo recaer en la quema de combustibles fósiles toda la responsabilidad. ¿Crees que todo puede ser un montaje para promocionar de nuevo las centrales nucleares? ¿Existe relación entre la quema de combustibles fósiles y el cambio climático? ¿Qué datos hay al respecto?
2. Indica alguna teoría antigua que haya sido sustituida por otra. ¿Crees, como se dice en el texto de la siguiente página, que todas las teorías científicas están abocadas a ser sustituidas por otras? ¿Tiene todo esto alguna relación con la incertidumbre en la ciencia?
3. Es frecuente oír en los medios de comunicación generalizaciones acríicas del tipo “este huracán es una prueba del cambio climático”. ¿Puede un huracán o una ola de calor ser una prueba del cambio climático? ¿Por qué?



Chimeneas de ventilación de una central eléctrica. Fuente: Comisión Europea, DGMA.



A.44. Cambio climático y desarrollo sostenible.

Son muchas las alarmas que nos indican que el modelo de desarrollo que venimos siguiendo es insostenible, el cambio climático es una de ellas y no la menos importante.

Construye una argumentación para mostrar que las medidas que deben adoptarse para luchar frente al cambio climático son, además, necesarias para conseguir un desarrollo sostenible.



Amazonia boliviana.



A.45. Un mapa de respuestas.

El esquema organizativo (A.2) que venimos utilizando para orientarnos dentro del trabajo de esta unidad contiene las principales preguntas a las que hemos ido dando respuesta. Elabora un esquema con las respuestas fundamentales (mapa conceptual). En él deben estar presentes los principales conceptos.



| ACTIVIDADES PARA
EL AULA 5 |

LA ERA DEL SILICIO

Antonio Ángel Pérez Sánchez
Jefe del Departamento de Tecnología
IES Oretania de Linares, Jaén



A.1. ¿Cuáles son, a tu juicio, los cinco materiales más empleados en las sociedades desarrolladas? Indica en cada caso cuál es el recurso o elemento natural en el que tiene su origen.



A.2. Detección de ideas previas.

Es posible que el silicio sea un perfecto desconocido que convive con nosotros. Vamos a intentar aprender más sobre él, pero empezaremos por expresar lo que sabemos:

1. ¿Crees que el silicio es un material que está presente en tu vida cotidiana?
2. Piensa en tu hogar, ¿hay silicio en él? Si es así, ¿para qué se usa?
3. Señala aquellos ámbitos en los que crees que la presencia del silicio es significativa:



Ámbito	Sí/No	Ámbito	Sí/No
Aseo	_____	Salud	_____
Alimentación	_____	Ocio	_____
Instalaciones	_____	Confort	_____
Aparatos	_____	Seguridad	_____
Edificio	_____	Transporte	_____
Comunicación	_____	Vestido	_____

4. Realiza un informe sobre aparatos que usas a diario en tu hogar en cuyo funcionamiento intervengan elementos de silicio.



A.3. Minerales no metálicos en la Prehistoria.

1. Busca información acerca de la composición y características de la cuarcita y del sílex.
2. ¿Cómo se obtenía el sílex?
3. Utiliza un buscador para localizar información sobre cómo eran las minas de sílex y su proceso de obtención.
4. Por ejemplo, puedes encontrar datos interesantes acerca de la Mina de Casa Montero (Vicálvaro, Madrid).
5. Expresa tu opinión acerca de la importancia que crees que tuvieron la cuarcita y el sílex en la Prehistoria.



A.4. Los usos del sílex.

1. Busca información sobre los instrumentos, herramientas y armas que se fabricaban con sílex.
2. ¿En qué ámbitos de la vida cotidiana del Neolítico se utilizaba este material?
3. Realiza una tabla con el nombre de herramienta, usos y aplicaciones y dibujo de cada una.



*Pasos sucesivos
en fabricación de
herramientas de sílex.*



A.5. ¿Qué es la sílice?

Utiliza un buscador para localizar información sobre la sílice y prepara un resumen que incluya:

- Qué es. Componentes.
- Presencia en la corteza terrestre.



A.6. La formación de la Tierra.

Proyección de vídeo de los capítulos de la serie *Cosmos* (o similares): “La vida de las estrellas” o “Calendario cósmico” (incluido en “Orillas del océano cósmico”).

Resumir la información sobre la formación de silicio a partir de la fusión del hidrógeno y de la formación de metales a partir de la fusión de átomos de silicio.



A.7. El silicio y los volcanes.

1. Averiguar qué relación hay entre la viscosidad del magma y su contenido en sílice.
2. Establecer la relación entre ese contenido y el tipo de erupción que puede presentar un volcán.



A.8. Fabricación del vidrio.

Realiza un esquema de la fabricación del vidrio que incluya descripciones de su obtención a partir de la arena silíceo y a partir del reciclaje.



Compara las necesidades de material y energía en cada una de ellas, así como la cantidad de residuos que se producen de una y otra forma. Describe tus conclusiones (puedes buscar en direcciones de Reciclaje-vidrio y Ecovidrio).

Justifica la necesidad actual del reciclaje en función del ahorro de energía y de la reducción de los residuos.



A.9. La silicosis.

Busca información en distintos medios sobre la silicosis y realiza un resumen en base a los siguientes apartados:

- Origen de la enfermedad.
- Síntomas principales y consecuencias de la enfermedad.
- Tratamiento de la silicosis.
- Riesgos laborales y profesiones de riesgo.
- Recomendaciones para la prevención de dichos riesgos.



Mineros barrenando



A.10. Propiedades saludables del silicio.

En la actualidad se está hablando mucho de las propiedades curativas del silicio. Realiza una investigación para buscar información acerca de dichas propiedades, de las enfermedades a cuya curación puede contribuir, de los compuestos o sustancias a los que se les atribuyen, así como de los lugares donde se consiguen estos tratamientos.

Averigua también qué alimentos y bebidas constituyen el mayor aporte de silicio en nuestra dieta.

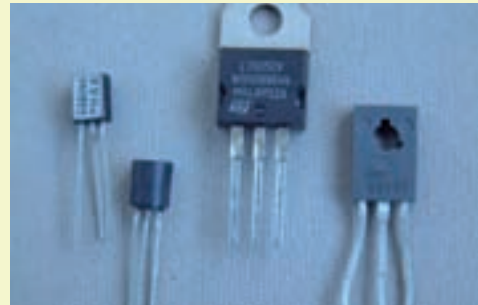


A.11. Silicio y electrónica.

Realiza un informe con la información que puedas reunir sobre los componentes electrónicos contruidos con semiconductores y sus principales aplicaciones.



Microprocesador.



Transistores.



A.12. Nuevas aplicaciones del silicio.

Investiga, buscando información en Internet, enciclopedias y medios de comunicación escritos, las aplicaciones que puede tener el silicio en campos como la iluminación y la metalurgia y describe las perspectivas de su utilización.



Lámpara actual de bajo consumo.



A.13. Vídeo: “El microchip”.

Tras la proyección del vídeo sobre el microchip, realizad un informe con, al menos, los siguientes apartados:

- Ámbitos de la vida en los que se aplica (comparar con las ideas previas en etapas anteriores del trabajo).
- Proceso de fabricación.
- Perspectivas de futuro.

El microprocesador. Realizar un informe sobre qué es y qué funciones desempeña.



Montaje de microchip en un circuito.



A.14. Usos del microprocesador.



Placa base de un ordenador.

- Identifica los aparatos de uso cotidiano que usan chips o microprocesadores para su funcionamiento.
- Relaciona con las “soluciones tecnológicas” disponibles en el Tercer Mundo.
- Realiza un debate de profundización acerca de la relación entre las aplicaciones tecnológicas y las desigualdades sociales.



A.15. Análisis SODA-MECA acerca de las aplicaciones del microchip y los microprocesadores.



A.16. Energías renovables.

Realiza un informe sobre las células fotovoltaicas y su fabricación a partir del vídeo “Energías alternativas”. Cuestionario:



Ilustración doméstica de energía solar fotovoltaica.

- Debate sobre las posibilidades de las energías alternativas de sustituir a otros tipos de energía.
- Describe mediante un esquema los elementos de una instalación básica fotovoltaica y la función que cumple cada uno.
- Haz un resumen de los puntos principales del Protocolo de Kioto y señala los datos de los compromisos que supone para nuestro país.
- Indica los programas oficiales de fomento y subvención a las energías renovables.



A.17. Problemática de las canteras.

Localiza información sobre:

- Noticias acerca de la problemática de las canteras.
- Datos sobre la evolución del desarrollo de la construcción y su relación con la actividad en canteras.

Aplicación de la técnica de SODA-MECA al análisis de la explotación de canteras y de la problemática social relacionada con ella.

Describe por escrito las conclusiones.



Retirada de áridos de una escombrera de granito.



| ACTIVIDADES PARA
EL AULA 6 |

DE LA EMERGENCIA PLANETARIA A LA CONSTRUCCIÓN DE UN FUTURO SOSTENIBLE

Amparo Vilches Peña

Catedrática de Física y Química del IES Sorolla
Profesora del Departamento de Didáctica de las Ciencias
Experimentales de la Universidad de Valencia

Daniel Gil Pérez

Catedrático del Departamento de Didáctica de las Ciencias
Experimentales de la Universidad de Valencia



| Introducción

Iniciamos el estudio de un capítulo cuyo título tiene dos partes claramente diferenciadas. Una primera “De la emergencia planetaria”, que nos llevará a hablar de problemas, de problemas muy serios y preocupantes, por lo que habrá que tener presente en todo momento la segunda parte del título: “A la construcción de un futuro sostenible”. Porque el necesario estudio de los problemas está al servicio de la búsqueda de soluciones y, como iremos viendo, esas soluciones existen y estamos a tiempo de adoptar las medidas necesarias.



Para comenzar, señalaremos que se trata de un capítulo concebido para ayudar a vencer el síndrome de la “rana hervida”.



A.1. ¿Habéis oído hablar del síndrome de la rana hervida? Recordémoslo: si intentamos introducir una rana en agua caliente, da un salto y escapa; pero si la introducimos en agua a temperatura ambiente y procedemos a calentarla lentamente, la rana permanece en el agua hasta morir hervida. ¿Qué explicación podemos dar a este comportamiento? ¿Qué nos sugiere?

Si queremos superar este síndrome, es preciso dedicar atención a los problemas con los que nos enfrentamos. Se trata de plantearnos, en primer lugar, a qué problemas ha de hacer frente hoy la humanidad; ello nos permitirá comprender hasta qué punto se puede hablar de emergencia planetaria o ver si se trata, como algunos sostienen, de una exageración. Y sobre todo nos ayudará a determinar qué podemos hacer.



A.2. Enumerad los problemas a los que, en vuestra opinión, hemos de hacer frente hoy los seres humanos. Es preciso hacer un esfuerzo para no olvidar ningún problema importante porque, como veremos, están estrechamente relacionados, e ignorar alguno puede bloquear el tratamiento del conjunto.

Tras esta reflexión inicial, proponemos la discusión de los problemas recogidos, cotejando después las distintas aportaciones con la información de especialistas proporcionada por el profesor. Estructuramos esta tarea en varios apartados, comenzando por un análisis del creciente deterioro del planeta, seguido por la discusión de sus posibles causas y, finalmente, por el estudio de las medidas que se deben adoptar. Pasamos así a comentar las distintas aportaciones realizadas en torno a cuáles son los problemas y sus estrechas vinculaciones, que obligan a su tratamiento conjunto.

| La degradación de la vida en el planeta

Quizá el problema más frecuentemente señalado, cuando se reflexiona sobre la situación del mundo, es el de la contaminación ambiental y sus secuelas. Conviene hacer un esfuerzo por profundizar en lo que supone esta contaminación, enumerando las distintas formas que se conozcan y las consecuencias que se derivan.



A.3. ¿Qué formas de contaminación os parecen preocupantes?

Tras exponer vuestras opiniones, realizar o recopilar fotos ilustrativas, recoger noticias de prensa al respecto y analizar la información proporcionada por el profesor o que podáis obtener de diversas fuentes, para completar el análisis de lo que supone este grave problema planetario.



Proceder también a realizar medidas y cálculos estimativos que ayuden a valorar la incidencia y consecuencias de alguna forma de contaminación.

Asociado al problema de la contaminación se suele hacer referencia a la destrucción y sobreexplotación de los recursos naturales, que está conduciendo a su agotamiento. Conviene abordar más detenidamente lo que supone esa desaparición de recursos.



A.4. ¿Cuáles son, en vuestra opinión, los recursos cuyo agotamiento resulta preocupante? Comparar vuestras estimaciones con la información disponible.



A.5. ¿Dónde se potencian y resultan más graves estos problemas, estrechamente vinculados, de contaminación y agotamiento de recursos?



A.6. ¿Cuáles pueden ser las consecuencias del actual crecimiento urbano, acelerado y desordenado? Preparad una exposición fotográfica ilustrativa.

Los problemas mencionados hasta aquí: contaminación ambiental, urbanización desordenada y agotamiento de recursos naturales, se refuerzan mutuamente, están estrechamente relacionados, con consecuencias de degradación globales, que afectan a todo el planeta, en las que es preciso detenerse.



A.7. Los problemas estrechamente vinculados que acabamos de analizar (contaminación, agotamiento y destrucción de recursos, urbanización desordenada) no sólo afectan a las ciudades, sino a todo el planeta. Es preciso, por tanto, preguntarse cuáles son sus consecuencias globales o, dicho de otro modo, qué otros problemas aparecen asociados a los mismos.



A.8. Cuando hablamos de extinción de especies, es decir, de pérdida de biodiversidad, no debemos olvidar otra diversidad igualmente en peligro. ¿En qué otra diversidad hemos de pensar y qué importancia tiene su conservación?

Todos estos problemas, que caracterizan una situación insostenible, han merecido la atención de numerosos expertos e instituciones mundiales que coinciden en señalar que el futuro está seriamente amenazado y en que es necesario profundizar en las causas para poder actuar.



| Causas de esta situación de auténtica emergencia planetaria... Y nuevos problemas

Se trata en este punto de iniciar una reflexión en torno a aquello que pueda estar en el origen de la creciente degradación en nuestro planeta, continuando con un planteamiento holístico, globalizador, que no olvide las estrechas relaciones entre ambiente físico y factores sociales, culturales, políticos, económicos, etc. Es decir, se trata de analizar cuáles pueden ser las causas de esta situación caracterizada por el conjunto de problemas, estrechamente interconectados, que hemos discutido, reforzando después nuestro análisis, tal como venimos haciendo, con las contribuciones de la comunidad científica.



A.9. ¿Cuáles pueden ser las causas del conjunto de problemas que caracterizan la situación del mundo? ¿Qué otros problemas subyacen en vuestra opinión?

Abordaremos, a continuación, algunos de los problemas que se asocian al crecimiento insostenible y, en definitiva, al proceso de degradación que acabamos de describir.



A.10. Indicar algunas características de las pautas de consumo en las sociedades desarrolladas, que puedan estar contribuyendo al proceso de degradación.

Este hiperconsumo afecta tan sólo a una quinta parte de la humanidad, pero ello no significa que el consumo mucho más moderado —y, a menudo, insuficiente para unas condiciones de vida aceptables— del resto de los seres humanos no repercuta sobre el medio ambiente. Ello nos remite a la consideración de un segundo factor: el crecimiento demográfico.





A.11. ¿En qué medida el actual crecimiento demográfico puede considerarse un problema? Tras exponer vuestras conjeturas, recopilar información al respecto y proceder a su discusión.

Podemos, pues, afirmar que el hiperconsumo y la explosión demográfica dibujan *un marco de fuertes desequilibrios*, con miles de millones de seres humanos que apenas pueden sobrevivir en los países “en desarrollo” y la marginación de amplios sectores del denominado “Primer Mundo”, mientras una quinta parte de la humanidad ofrece su modelo de sobre consumo.



A.12. Buscar ejemplos de graves desequilibrios entre grupos humanos y preparar dossiers y pósters ilustrativos. ¿Cuáles pueden ser las consecuencias de los mismos? ¿En qué medida pueden mantenerse indefinidamente?

Los actuales desequilibrios existentes entre distintos grupos humanos, con la imposición de intereses y valores particulares, aparecen asociados a todo tipo de conflictos que conviene analizar.



A.13. Señalar distintos tipos de conflictos y violencias asociados a los desequilibrios analizados. Realizar un seguimiento de su presencia en la prensa en un periodo determinado, fijado por el profesor, y comentar los resultados.

En este apartado hemos tratado de aproximarnos a las causas que están en la raíz de los problemas que afectan a la humanidad y que constituyen, a su vez, problemas estrechamente relacionados. Pero no basta, como ya hemos señalado, con diagnosticar los problemas: es preciso impulsar a explorar futuros alternativos y a participar en acciones que favorezcan dichas alternativas. Nos referiremos a ello en el siguiente apartado.

| ¿Qué hacer para avanzar hacia una sociedad sostenible?

Evitar lo que algunos expertos han denominado “la sexta extinción” *ya en marcha* exige poner fin a todo lo que hemos criticado hasta aquí: poner fin a un desarrollo guiado por el beneficio a corto plazo; poner fin a la explosión demográfica; poner fin al hiperconsumo de las sociedades desarrolladas y a los fuertes desequilibrios existentes entre distintos grupos humanos.



A.14. ¿Qué podemos hacer cada uno de nosotros, junto a otros? Más concretamente, ¿qué medidas es necesario adoptar para poner fin a los problemas considerados y lograr un desarrollo sostenible? Proceded a una primera enumeración de las mismas que permita pasar a su discusión posterior, incorporando las contribuciones de la comunidad científica.

Es preciso hacer énfasis en que todas las medidas que habéis contemplado y que proponen los expertos son necesarias y deben abordarse conjuntamente. Dicho con otras palabras, no es posible pensar en soluciones puntuales a problemas aislados: es preciso un planteamiento global.

Este planteamiento global es el que ha dado lugar a los conceptos de sostenibilidad y desarrollo sostenible que conviene introducir someramente antes de abordar con mayor profundidad el análisis de los diferentes tipos de medidas.



Otro mundo es posible.

1. LA SOSTENIBILIDAD COMO CONCEPTO BÁSICO UNIFICADOR DE LAS MEDIDAS QUE SE REQUIERE ADOPTAR

La mayoría de trabajos de los expertos que abordan la problemática mundial coinciden en señalar como objetivo básico el sentar las bases de un desarrollo sostenible. Conviene, pues, precisar, a este respecto, lo que puede considerarse como desarrollo sostenible, ya que se trata de uno de los conceptos centrales de la actual reflexión sobre la situación del mundo.



A.15. Exponed lo que, en vuestra opinión, podemos considerar un desarrollo sostenible. Cotejad vuestras ideas con la definición de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo de Naciones Unidas, que proporcionará el profesor.

Una de las medidas a las que, lógicamente, se hace referencia para el logro de un desarrollo sostenible es la introducción de nuevas investigaciones y tecnologías más adecuadas.

2. MEDIDAS CIENTÍFICO-TECNOLÓGICAS



A.16. ¿Qué investigaciones e innovaciones tecnológicas se deberían promover? ¿Cuáles habrían de ser sus características? Valorar el papel de la tecnociencia frente a los problemas que afectan a la humanidad.



Antes de continuar profundizando en el análisis de otros tipos de medidas, conviene detenerse en señalar que, por lo que respecta a las medidas científico-tecnológicas, no todo es consenso.



A.17. ¿Qué cuestiones debatibles de actualidad conocéis en torno a algunas medidas científico-tecnológicas?



A.18. Valorar, a título de ejemplo, la siguiente proposición que concierne al debate nuclear: ¿es la energía nuclear una “solución verde” dado que no contribuye al efecto invernadero? Apoyar vuestra valoración en información pertinente acerca de las centrales nucleares.

3. MEDIDAS EDUCATIVAS

En el inicio del Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI se señala: “Frente a los numerosos desafíos del porvenir, la educación constituye un instrumento indispensable para que la humanidad pueda progresar hacia los ideales de paz, libertad y justicia social (...) como una vía, ciertamente entre otras, pero más que otras, al servicio de un desarrollo humano más armonioso, más genuino, para hacer retroceder la pobreza, la exclusión, las incomprensiones, las opresiones, las guerras, etcétera”.



A.19. ¿Qué planteamientos educativos se precisarían, en vuestra opinión, para contribuir a un desarrollo sostenible? Completar vuestras reflexiones, tras ponerlas en común, seleccionando información proveniente de diversas fuentes.

Merece la pena detenerse en especificar los cambios de actitudes y comportamientos que la educación debería promover.



A.20. ¿Qué es lo que cada uno de nosotros puede hacer “para salvar la Tierra”?





A.21. Valorad la siguiente proposición: “Los problemas de agotamiento de los recursos energéticos y degradación del medio son debidos, fundamentalmente, a la actividad de las grandes industrias; lo que cada uno de nosotros puede hacer al respecto es, comparativamente, insignificante”. Concebid y realizad algún cálculo ilustrativo, que permita poner a prueba vuestras conjeturas al respecto.

Las acciones individuales de cada uno de nosotros son, sin duda, importantes en lo que se refiere a un consumo responsable, en cuidado del medio ambiente, etc., pero no pueden quedar en simples acciones privadas. El planteamiento político —es decir, la acción ciudadana— ha de estar también presente cuando nos referimos a las medidas que se deben adoptar.



4. MEDIDAS POLÍTICAS



A.22. ¿Qué medidas políticas podemos y debemos promover para contribuir a un futuro sostenible? Comenzad señalando medidas políticas que conozcáis, que ya se estén llevando a cabo para hacer frente a los problemas del planeta.

Una cuestión central en el debate político acerca de los problemas a los que ha de hacer frente la humanidad es el actual vertiginoso proceso de globalización y sus posibles consecuencias.



A.23. Discutid de qué modo un proceso de globalización planetaria puede afectar al logro de un desarrollo sostenible.

El avance hacia estructuras globales de deliberación y decisión, con capacidad para hacer efectivas sus resoluciones, se enfrenta a serias dificultades, pero su logro, como hemos venido señalando, es fundamental, ya que nos va en ello, sin exageración alguna la supervivencia. Y esto no es una cuestión de buena voluntad o una aspiración utópica. Se trata de algo a lo que todos tenemos derecho. Defender nuestra supervivencia como especie se convierte así en la defensa de los derechos de todas las personas.

5. DESARROLLO SOSTENIBLE Y DERECHOS HUMANOS

Las medidas que acabamos de discutir, concebidas para hacer posible un futuro sostenible, aparecen hoy asociadas a la necesidad de universalización de los derechos humanos. Dedicaremos este apartado a clarificar dicha relación, comenzando por plantearnos cuáles son esos derechos universales.



A.24. Enumerad cuáles habrían de ser, en vuestra opinión, los derechos humanos fundamentales y su contribución al logro de un desarrollo sostenible. Elaborad seguidamente un póster que ayude a comprender la relación existente entre los derechos humanos y el desarrollo sostenible, apoyándoos en información pertinente.

| Recapitulación y perspectivas

Hemos pasado revista a un conjunto de problemas con los que se enfrenta hoy la humanidad y que amenazan la continuidad de nuestra especie, así como a algunas medidas que se requiere adoptar para avanzar hacia un futuro sostenible. Proponemos ahora, para recapitular, algunas actividades de globalización.



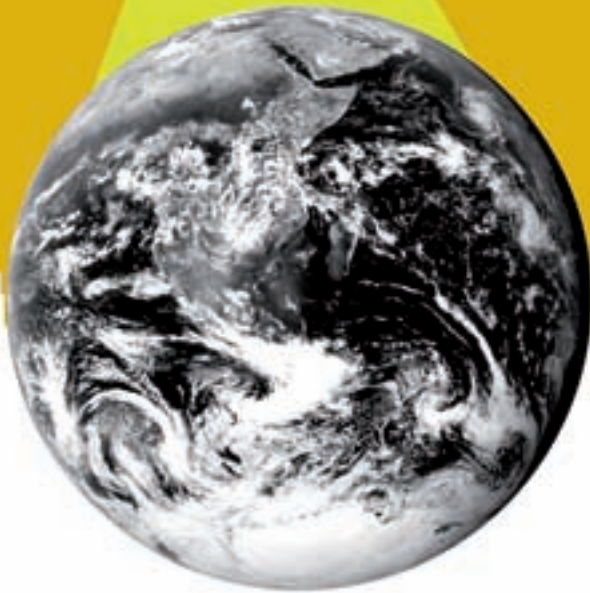
A.25. Elaborad un esquema o “mapa semántico” que proporcione una visión global de los aspectos tratados a lo largo de esta unidad y que muestre la estrecha vinculación de los problemas y de las medidas propuestas para lograr un desarrollo sostenible.

Todo lo que hemos venido desarrollando a lo largo de la unidad nos ha debido hacer comprender la importancia y gravedad de los problemas tratados y por qué Naciones Unidas ha convocado para 2005-2014 una Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible. De ahí que se requiera no sólo tener una correcta percepción de los problemas y de concebir las acciones necesarias. Es preciso llevarlas a la práctica. Para ello realizaremos la siguiente actividad.



A.26. Proponed acciones concretas para posteriormente llevarlas a cabo en los diferentes ámbitos (aula, centro, barrio, familia...) con el fin de apoyar las campañas por un compromiso por la sostenibilidad, implicando al mayor número de personas al mismo, sumándonos así a las iniciativas de la Década de Educación para el Desarrollo Sostenible que Naciones Unidas ha convocado para 2005-2014.





| ACTIVIDADES PARA
EL AULA 7 |

Y TÚ, ¿EN QUÉ MUNDO VIVES?

Jesús Zamora Bonilla

Profesor titular de Lógica y Filosofía de la Ciencia
Facultad de Filosofía de la UNED

| ¡Que vienen los ovnis!



A.1. Consultar el artículo de Juan José Benítez, “Tanzania: astronautas en la edad de Piedra”, en la página web: @ <http://www.planetabenitez.com/misenigmas/tanzania.htm>

1. Diferenciar lo que son “datos” de lo que son “interpretaciones” en el texto, en particular, de lo que es “una interpretación ofrecida como si fuera un hecho”.
2. ¿Qué “hechos sin explicación” propone considerar el artículo? ¿Qué explicación sugiere? ¿Qué otras posibles explicaciones para esos hechos se os ocurren? ¿Qué otros “hechos” sobre las pinturas pensáis que son igual de difíciles de explicar?
3. Comparar el caso presentado por J. J. Benítez con las pinturas rupestres del norte de España. ¿Resulta más fácil ofrecer una explicación del significado de estas últimas? ¿Podríamos encontrar una explicación “totalmente convincente” o casi?



A.2. Consultar el artículo de Pablo Francescutti, “Los extraterrestres ya no nos quieren”, en la página web: @ http://www.elpais.com/articulo/paginas/extraterrestres/nos/quieren/elpepusoceps/20070930elpepspag_8/Tes

1. Identificar y describir las principales etapas en la historia sobre avistamientos de OVNIS.
2. Comentar las razones sugeridas por el autor para el cambio de actitud del público hacia el tema de los OVNIS, y discutirlos.
3. Informarse sobre los mecanismos psicológicos o sociológicos mencionados por el autor como explicaciones del “fenómeno OVNI”, y buscar otros ejemplos de esos mecanismos.



A.3. Consultar el artículo de Luis Alfonso Gámez, “Benítez contra Gámez: historia de una condena”, en la página web: @ <http://blogs.elcorreodigital.com/magonia/2007/7/27/benitez-contra-gamez-historia-una-condena>

1. Exponer las principales críticas que Luis Alfonso Gámez plantea a las obras de Juan José Benítez, y discutir su validez.
2. Argumentar sobre la legitimidad y la moralidad de presentar en los medios de comunicación públicos narraciones fantásticas como si fueran hechos científicamente demostrados.
3. Argumentar sobre los límites morales y legales de las críticas a las afirmaciones públicas manifiestamente irracionales.



A.4. Consultar el artículo de Ferrán Tarrasa Blanes, “Los viajes a la Luna NO fueron falsos”, en la página web: @ http://intercosmos.iespana.es/reportajes/luna/luna_principal.htm

1. Exponer las razones que se han aducido en ocasiones para poner en duda la veracidad de los viajes de la NASA a la Luna en los años sesenta y setenta.
2. Exponer las críticas a estos argumentos presentadas en el artículo.
3. “Quienes creen que los viajes a la Luna fueron falsos es más probable que piensen que los extraterrestres nos visitan”. ¿Crees que es correcta esta afirmación? ¿Por qué?

| ¿Qué dice hoy tu horóscopo?



A.5. Consultar el artículo de Ramón Espax y Jordi Bozzo, “Una revisión crítica de la astrología”, en la página web: @ <http://www.um.es/docencia/barzana/ESCEPTICISMO/Astrologia-01.html>

- Hacer una lista de los principales defectos que hacen que la astrología no pueda ser considerada una ciencia, según este artículo, y explicarlos. Describir la metodología empleada en el artículo.
- Explicar lo que se entiende en el artículo por “sesgo”.
- Comentar el hecho de que grandes científicos del pasado (como Ptolomeo, Kepler y Newton) hayan creído y practicado la astrología.



A.6. Consultar el artículo de Ferrán Tarrasa, “¿Por qué no creo en la astrología?”, en la página web: @ <http://www.geocities.com/CapeCanaveral/2352/porque01.htm>

1. ¿Por qué la astrología está basada en una concepción *geocéntrica* del universo? ¿Qué influencia puede tener eso en la validez o falta de validez de la astrología?
2. ¿Qué argumentos da el autor para justificar que las constelaciones del zodiaco son signos convencionales que no tienen ningún valor objetivo?
3. Si los argumentos en contra de la astrología son tan potentes, debatir si los medios de comunicación que contienen horóscopos deberían incluir una advertencia sobre su falta de validez, o si debería prohibirse su publicación totalmente.



A.7. Consultar los textos del blog “La noche de la iguana” en la página web: @ <http://www.santosrios.com/?p=153>

- Hacer una lista de las respuestas que da el autor del texto a las principales críticas que señala hacia la astrología. Discutir si ambas, críticas y respuestas, parecen razonables y por qué.
- ¿Por qué no existe una “Facultad de Ciencias Astrológicas”, como propone el autor? ¿Pensáis que debería existir? ¿Qué tendría que estudiarse allí? ¿Debería sufragarse con fondos públicos, como el resto de estudios universitarios?
- ¿A qué llama el autor del texto “demostracionismo”? Buscar información sobre una concepción sobre la ciencia denominada “falsacionismo” (propuesta por el filósofo Karl Popper) y sobre el “método hipotético-deductivo”. A partir de esta información, discutir si la ciencia funciona “demostrando” la validez de las leyes o más bien sometiendo a prueba y aceptando provisionalmente las que han “resistido”. ¿Son más críticos con sus propias teorías los científicos o los astrólogos?