

| 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.

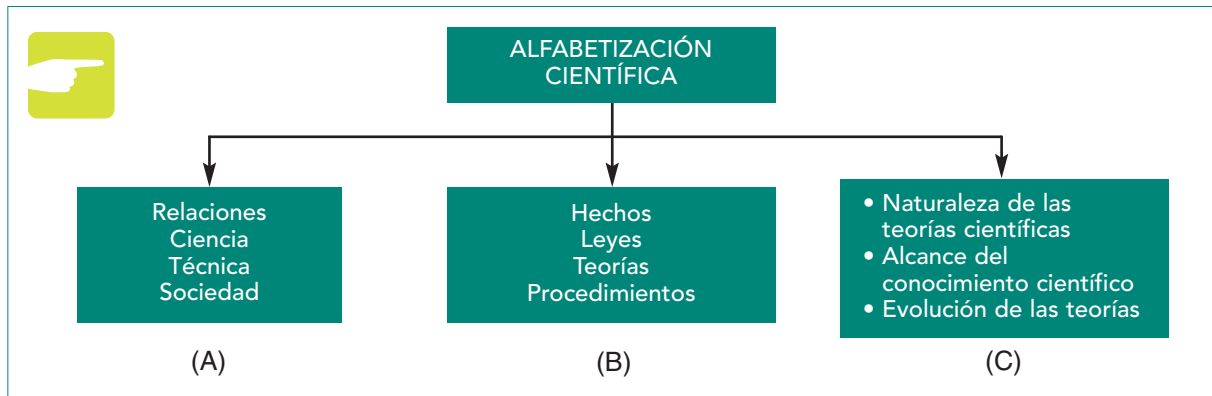
Los conceptos básicos y fundamentales ya han sido vistos en cierta medida en la ESO. Su tratamiento se llevará a cabo ahora con una nueva perspectiva y, dado que una característica esencial e irrenunciable de la ciencia es el uso de la matemática y la experimentación para formalizar hechos y fenómenos, 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.

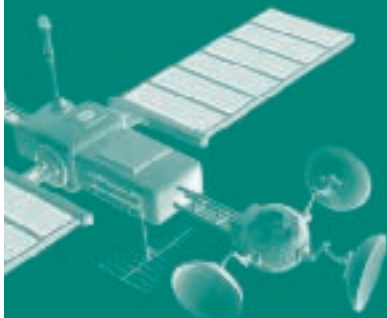
Desde esta perspectiva, un tema sobre el universo ofrece suficientes posibilidades que no se deben desaprovechar para tratar “de ciencias” y “sobre ciencia”.

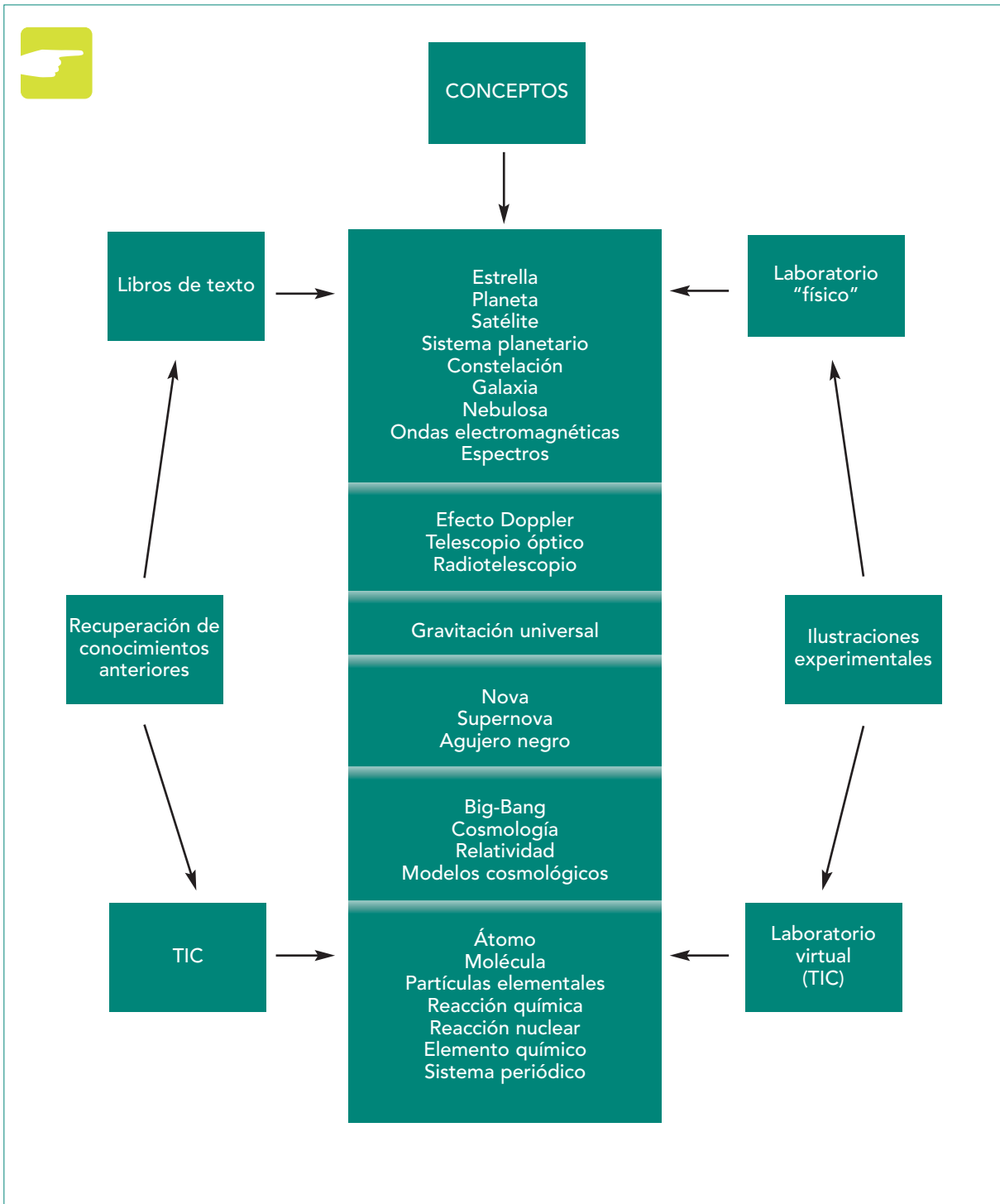
Siguiendo lo que se acaba de decir, el desarrollo de la unidad se ha organizado en torno a tres bloques y habrá de tenerse en cuenta que los bloques (2) y (3) pueden repetirse de modo muy similar en el tratamiento de otros temas de CMC, con lo que no deben perderse de vista las actividades y posibilidades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

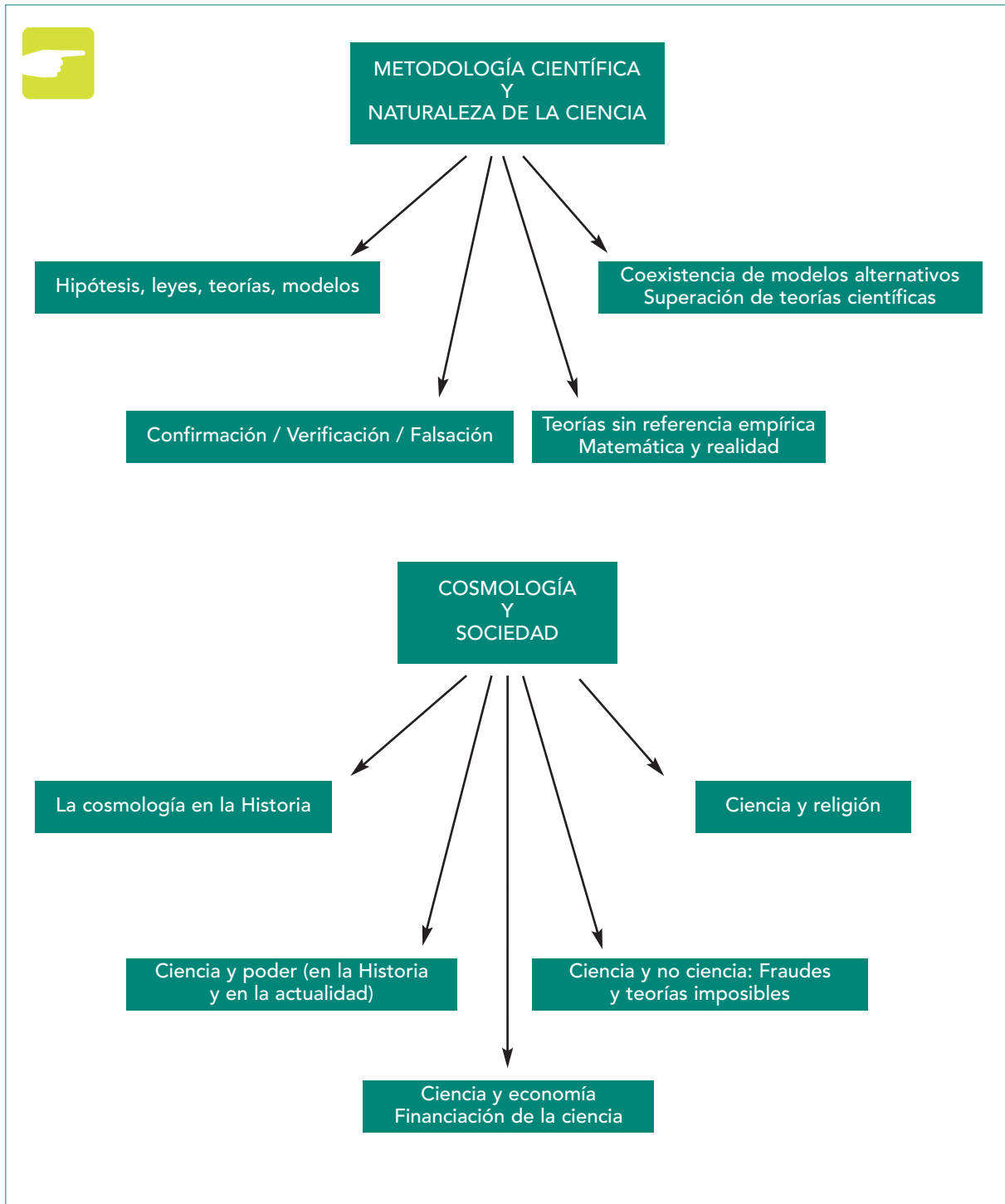


Los objetivos generales de las CMC que pueden relacionarse con esta presentación serían:

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, quásar, 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 Exploremos 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).

Habrà 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).

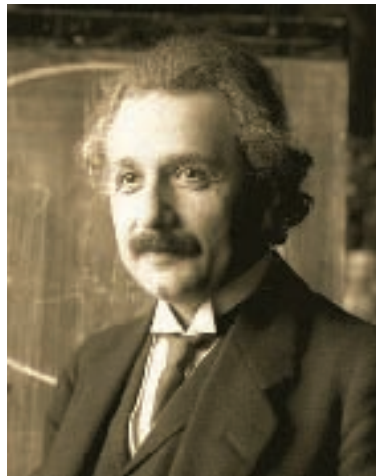
Por otro lado, la relación $E = mc^2$ es uno de los resultados de la Relatividad Restringida que más repercusiones (no previstas inicialmente) ha tenido y que debería pertenecer al acervo cultural de la ciudadanía, constituyendo, además, tanto un modo de poner a prueba la corrección de los principios 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>



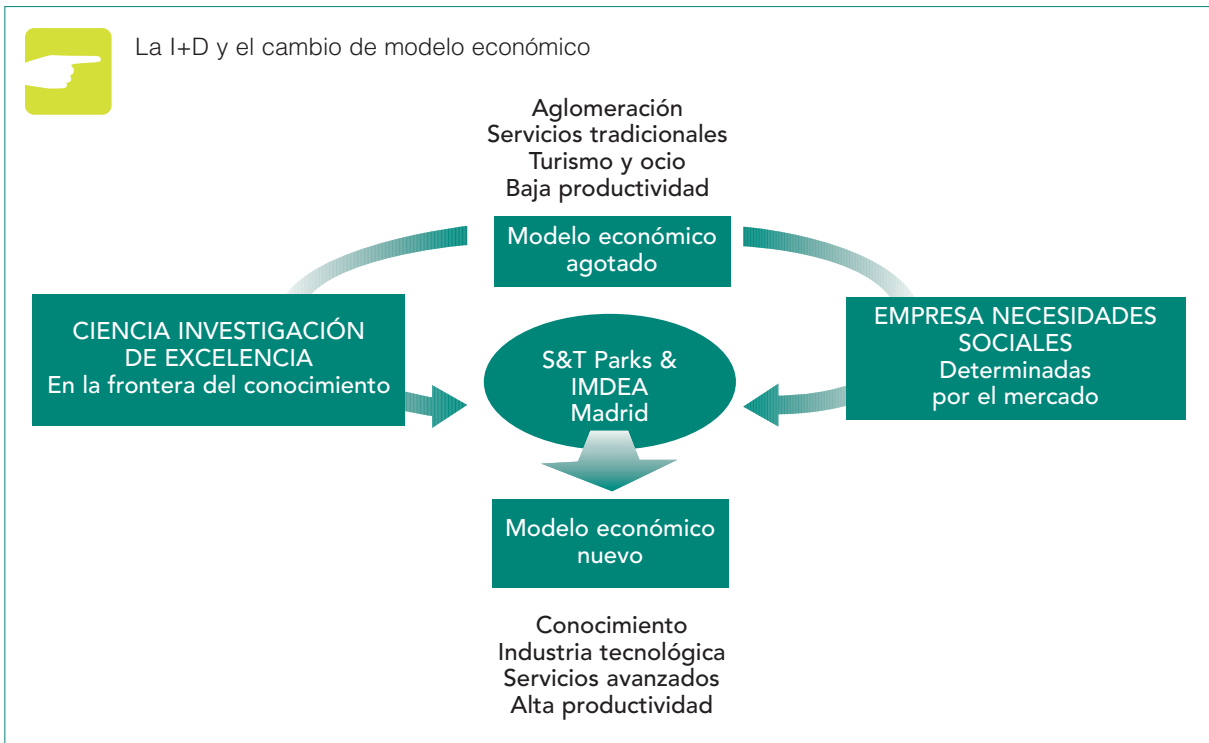
Parques e I+D en Madrid: la industria de hoy para el futuro

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.