PUERTAS a la LECTURA

Universidad de Extremadura • Vicerrectorado de Extensión Universitaria • Seminario Interdisciplinar de Lectura

Lecturas de la Ciencia

Número 2 • Mayo de 2007

PUERTAS a la LECTURA

EDITA: Universidad de Extremadura
Vicerrectorado de Extensión Universitaria
Seminario Interfacultativo de Lectura

COORDINACIÓN: ELOY MARTOS NÚÑEZ
Facultad de Educación

SECRETARIO: JOSÉ LUIS BONAL ZAZO
Facultad de Biblioteconomía y Documentación

DEPÓSITO LEGAL: BA- 187 - 1996

DISEÑO, MAQUETACIÓN E IMPRESIÓN:
TAJO GUADIANA ~ARTES GRÁFICAS~

- SALUTACIONES DEL VICERRECTOR DE EXTENSIÓN UNIVERSITARIA Y DE LOS DECANOS DE CIENCIAS Y DE MEDICINA 2-3
- EDITORIAL
  Eloy Martos Núñez - José L. Bonal Zazo 4
- PÓRTICO
  Diego Díez García 5
- GLORIA Y DESPRESTIGIO DE LA CIENCIA
  Germán Larriba Calle 6
- MATEMÁTICAS: CIENCIAS Y LETRAS
  Manuel Barrantes López 10
- TIENE QUE SER TRAUMÁTICO EL PASO DE UN SIGLO A OTRO
  José Cobos Bueno 13
- LOS LIBROS HERMOSOS QUE NO SABRÁN DE NOSOTROS CUANDO NOS HALLAMOS IDO
  Jesús M. F. Castillo 15
- JULIO VERNE EN CLASE DE FÍSICA
  Grupo Alkali 17
- ¿POR QUÉ EL CIELO ES AZUL? LA BELLEZA DEL CIELO A TRAVÉS DE LA FÍSICA
  Grupo Orión 21
- LAS MÚLTIPLES FACETAS DE UNA CONSTANTE UNIVERSAL: H
  Francisco J. Olivares del Valle 25
- ENTRE CIENCIA Y ASTRONOMÍA
  José Pedro García Martín 32
- INGENIERÍA GENÉTICA. APLICACIONES E IMPLICACIONES
  Alfonso Jiménez Sánchez 37
- REFLEXIONES SOBRE LA REPRODUCCIÓN ARTIFICIAL DEL HOMBRE
  Diego Díez García 42
- LA ASIGNATURA DE MÉDICO A FINALES DEL SIGLO XX: LA BIOÉTICA MÉDICA
  Diego Peral Pacheco 47
- LA ENFERMEDAD Y SU CONTEXTO
  Fernando Pérez Escanilla 49
- LAS DISTINTAS BIOGRAFÍAS DE A. EINSTEIN
  Juan Macías García 51
- JULIO VERNE... ¿UN ESCRITOR DE JÓVENES?
  Ana Pérez Merchán 54
- PARA SEGUIR LEYENDO 57

Salutación Vicerrector Extensión Universitaria

Universidad y Ciencia. Volver a ellas

Destacaba ya en el número primero de esta misma publicación la importancia de la *interdisciplinariedad* en el ámbito científico, ahora, también quiero resaltar cómo esta función y, otras más, que este número segundo de *Puertas a la Lectura* nos ofrece, significan la mejor manera de *hacer y entender la vida universitaria*.

La trascendencia de esta función cultural estriba, tanto en redefinir los contenidos informativos y exigencias académicas como acercar nuestra formación universitaria a la realidad social. Ambos fines aproximan la Universidad a nuestro entorno, posibilitan bases más rigurosas para afrontar la tarea de transmitir la ciencia y realizar investigación.

Esta revista interdisciplinar, *Puertas a la Lectura*, demuestra que la Universidad es el *espacio* en el cual se desarrolla la formación intelectual, se reflexiona sobre problemas de nuestra sociedad y se atiende al conocimiento científico. Ahora bien, la realidad cotidiana difiere de los supuestos teóricos e ideales y, de tal modo, nuestra actividad universitaria está repleta de dificultades y problemas que hay que conocer, debatir y discutir con la intención de obtener respuestas positivas. Es el debate sobre la vida de la Universidad y sus verdaderas reformas, aquellas que deben aplicarse día a día en cada situación específica.

Con tales planteamientos y en el contexto de esa aplicación, la elaboración de un *Seminario Interfacultativo* y edición de una *Revista* para favorecer la lectura y discusión de ideas, puede ser una vía más, un "*espíritu*" apropiado desde el profesional universitario para sugerir hipótesis, estructurar sus observaciones y proponer un esquema lógico sobre la forma en que el científico real y sinceramente trabaja de cara a la docencia e investigación universitarias.

En este segundo número el reto se refiere a las aportaciones al conocimiento científico y social, cada una de cuyas palabras e ideas constituyen una actitud reflexiva y pueden ser discutidas, criticadas y sometidas a experimentación. Es decir, unas *Lecturas de la Ciencia* que nos sirvan para *entender el presente*, mantener una *actitud crítica*, tengan *valor utilitario como fuente de conocimiento* y, desde la observación, el análisis y la demostración, nos permitan *no desfigurar la realidad sino interpretar la realidad*. Precisamente todo aquello en lo que insistió el racionalista René Descartes y nos sugieren algunos textos del *Discurso del Método* como los que se citan a continuación: "*En cuanto a las demás ciencias, como toman sus principios de la filosofía, juzgaba yo que no se podía haber edificado nada sólido sobre cimientos tan poco firmes. Y ni el honor ni el provecho que prometen eran suficientes para determinarme a aprenderlas, pues no me veía, gracias a Dios, en condición tal que me viese obligado a convertir la ciencia en oficio para alivio de mí fortuna; y aunque no profesaba el desprecio de la gloria a lo cínico, no estimaba, sin embargo, en mucho aquella fama que podía adquirirse gracias a falsos títulos" (...) Mas después de haber empleado algunos años estudiando en el libro del mundo y tratando de adquirir alguna experiencia, tomé un día la resolución de estudiar también en mí mismo y de emplear todas las fuerzas de mi espíritu en la elección del camino que debía seguir. Lo cual me dio mejor resultado, según creo, que el que pude obtener alejándome de mi país y de mis libros.*

El elemento humano del escenario -*espacio Universidad*- debe influir en la comprensión de los textos y de las lecturas, a ser posible según las recomendaciones de Descartes. Desde las *Lecturas de la Ciencia* ayudemos a los lectores a que encuentren sentido a las palabras, "*volver sobre ellas*" es "*volver a la Universidad*", a enriquecer nuestro estado actual de conocimientos, a abrir nuevas vías docentes e investigadoras, sin abandonar la pretensión de que textos, lecturas y comprensión gocen de un alto nivel de *literariedad y subjetivismo*.

Cáceres, 25 de marzo, 1997
Miguel Rodríguez Cancho

Salutación Decano de la Facultad de Ciencias UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Puertas a la lectura, en su segundo número, se dedica a las *Lecturas de la Ciencia*, dando cabida a las Facultades de Ciencias y de Medicina en el Seminario Interfacultativo de Lectura, que nació con una clara vocación de colaboración con todos los Centros de nuestra Universidad.

Las *Lecturas de la Ciencia*, el acercamiento al hecho científico a través de la lectura-literatura, propicia una visión más amigable de todos aquellos aspectos que consideramos dentro del ámbito de las Ciencias, excitantes siempre, a la vez que arduos de comprender para el no iniciado.

Ciencia en su principio fue la curiosidad, que en su acepción más simple es el deseo de conocer. La Ciencia moderna no debe ser necesariamente un misterio cerrado para los no especialistas, sino que su conocimiento debe resultar estimulante para todo aquel que se halle fascinado por la continua eficacia del método científico, como herramienta para descubrir las complejidades del Universo, y que se traduce en su avance inexorable.

Sirva esta revista como exponente de un espíritu que, a través de la divulgación, nos permite la comunicación entre las distintas áreas de conocimiento universitarias, científicas todas, ya sean de humanidades, jurídicas, sociales o de ciencias. Es nuestro deseo que las materias que intentan comprender la realidad de nuestro mundo, desde las matemáticas hasta la biología, pasando por la física y la química, aparezcan atrayentes al colectivo universitario que tiene el placer de leer estas páginas.

Arsenio Muñoz de la Peña Castrillo

Salutación Decano de la Facultad de Medicina UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Los enormes avances que ha experimentado la medicina en los últimos años, han traido como consecuencia indeseable el abandono de la perspectiva humanista de la misma. Posiblemente, los aspectos humanistas de la teoría y la práctica médica han quedado reducidos a la disciplina de Antropología Médica, no demasiado extendida en los actuales planes de estudio.

Una buena manera de recuperar esos aspectos, una buena manera de recuperar a la persona en el ámbito médico es la lectura de la buena literatura. En la literatura encontramos no al organismo sino la persona, absolutamente necesaria en la práctica médica, que es ante todo relación interhumana. Así mismo, en la literatura encontramos muchas referencias a la teoría y a la práctica médica.

Joaquín Ingelmo Fernández

EDITORIAL

Es un anochecer de verano, de ésos en que el horizonte se pone rojo como las brasas y el cielo brilla lleno de estrellas. Es cerca de medianoche y dos niños juegan en la puerta de su casa. Ya es tarde pero hace mucho calor y, tras la cena, les han dejado un rato fuera, mientras los mayores se sientan al fresco de una leve brisa. Los niños juegan con un palo en el charco de regar las macetas. El cielo arde como una gran feria de luces verdes, amarillas y rojas. Y, de repente, miran al charco cristalino, y, del pozo lleno de estrellas que tiemblan, una parpadea y se mueve como un renacuajo...

Quizás una experiencia infantil como ésta -la de un cometa en los cielos extremeños de una noche de verano- sea un buen ejemplo de la experiencia humana en su dimensión más totalizadora, en la encrucijada misma en que el saber científico, el marco de un paisaje natural o la sensibilidad estética se unen para, primero, asombrarnos ante las maravillas de la vida y, después, plantearnos interrogantes, que -dentro de los métodos y reglas que cada saber se impone- tratamos de respondernos. Al fin y al cabo, es lo que hacemos también al leer, dialogar con signos para entender los pequeños o grandes enigmas de nuestra vida.

Sirva, pues, este preámbulo metafórico, para dar las gracias a todos los colaboradores de este número, que han ayudado a afianzar el proyecto del Seminario de Lectura de la UEX con su perfil claramente multidisciplinar y comprometido con la lectura en todas su dimensiones. Por ello también agradecemos la colaboración de profesores de otros niveles. Muy especialmente, debemos agradecer la labor de coordinación del doctor Diego Díez, vinculado doblemente a la UEX y a la comunidad educativa, inaugurando así una dinámica en la que serán prestigiosos especialistas los que coordinen la temática de cada revista. Por último, reiterar nuestra deuda con los apoyos institucionales recibidos, al Sr. Rector, al Sr. Vicerrector de Extensión Universitaria y al Sr. Presidente del Consejo Social de la UEX, junto a los Sres. Decanos de las Facultades de Ciencias y de Medicina, además del apoyo de entidades como el Grupo Anaya y el BEX. Muchas gracias y esperamos en muy poco tiempo volver a estar con todos, presentando el número 3, junto con otros proyectos del Seminario de Lectura de la UEX.

Eloy Martos Núñez- José Luis Bonal Zazo

Coordinador y Secretario del Seminario de Lectura de la UEX

PÓRTICO

Diego Díez García

La ciencia no es sólo un modo de conocimiento y un método para conseguirlo. Es también un factor de producción y un elemento creador y modificador de ideología muy importante. La ciencia constituye uno de los logros de los que más orgulloso puede sentirse Occidente. Es una de las manifestaciones más dignas de la capacidad prometeica del espíritu humano.

No se entendería el mundo actual sin la ciencia. La fuerza liberadora que ha representado desde su nacimiento, frente a las fuerzas oscurantistas que secuestraron el pensamiento y el conocimiento libre, se ha basado en un único factor clave: la fuerza de dar cuenta racional de los hechos. Su justificación: los efectos benéficos que ha aportado a la humanidad.

Hoy se pone en cuestión la ciencia, como consecuencia de la inmensa capacidad de manipulación - y, por tanto, de destrucción - que se encuentra latente o explícita en el conocimiento científico. Su influencia se extiende cada vez más y más espaciosa de la realidad, no sólo natural, sino humana y social.

En esta tesitura la cultura científica es indispensable al ciudadano que quiere ejercer un espíritu crítico libre sobre la realidad que le rodea. Por ello, la doble cultura que ya constatara SNOW y que, en su vertiente más pedestre se ha encarnado en esa dualidad letras/ciencias ignorante del inmenso caudal de humanismo que la actividad científica encierra, es algo cuya superación debe estar en el punto de mira de cualquier tarea de "ilustración" del ciudadano.

Sin embargo, la ciencia cada vez se especializa más y cada vez son menos los científicos que pueden seguir todos los detalles de una particular investigación de punta. Y esto es así, porque están en otra investigación avanzada en la que tampoco

hay demasiados colegas que puedan seguirles a ellos. Se impone, pues, la necesidad de superar la doble cultura con la mayor urgencia en el campo de la investigación científica de vanguardia.

Pero sólo el investigador concreto que la realiza estará en la clave de todos los elementos para juzgar sobre los derroteros de una investigación y ver sus consecuencias sobre la realidad humana y social. El científico, al superar la dicotomía de las dos culturas, es el mejor garante de que la ciencia seguirá estando al servicio de un verdadero progreso de la humanidad. Es la nuestra una época en la que el inmenso poder de la ciencia ha aumentado en progresión logarítmica y en la que se están desarrollando movimientos anticientíficos por el miedo al poder de destrucción que la ciencia implica.

En un momento en que se puede hacer saltar el planeta por los aires o se puede conocer el inventario completo del genoma humano, - y manipularlo, en un futuro muy próximo a través de la ingeniería genética - el examen de la ciencia, de su significado, de su origen, de sus objetivos etc... debe convertirse en una tarea fundamental. Pero ésta deben hacerla fundamentalmente los científicos, porque sólo ellos están en las claves de "los senderos de la ciencia". Se necesita que el científico reflexione sobre estos temas y que el hombre de la calle permita al científico la autorreflexión.

Estas *Lecturas de la Ciencia* sólo pretenden asomarse a algunas cuestiones suficientemente generales y de sentido común relacionadas con los problemas humanos y sociales que hay en la investigación científica. Si contribuyen a que algunos descubran la inmensa capacidad de humanismo que se encuentra implícita e inevitablemente presente en la pretendidamente aséptica actividad de laboratorio, el objetivo fundamental de estas lecturas estará conseguido. En una sociedad donde el humanismo y la ciencia estén unidos podremos seguir esperando que ésta continúe aportando lo que ha dado hasta ahora: salud y libertad.

GLORIA Y DESPRESTIGIO DE LA CIENCIA

Germán Larriba Calle
Catedrático Microbiología. UEX

La ciencia tradicional está siendo sustituida por una ciencia post-académica. De este modo, la privatización del conocimiento, la propiedad intelectual y la utilidad práctica o política están sustituyendo a los valores tradicionales más íntimos de la ciencia académica (comunicabilidad, objetividad, originalidad, espíritu escéptico...). Además las influencias comerciales afectarán a la objetividad aumentando los casos de fraude o de plagio.

Pero el problema más grave de rechazo con que se encuentra la ciencia es el producido por los temores al cambio exponencialmente acelerado que ésta engendra y su colisión con profundas creencias personales, con frecuencia de naturaleza religiosa. Estas creencias nos llevan a atribuir proyectos a la naturaleza, algo que la objetividad científica no puede admitir. La necesidad innata de explicación de la existencia está apaciguada por las explicaciones animistas tradicionales, pero la ciencia, que responde también a una necesidad innata de explicación racional, sólo puede ofrecer incertidumbres. ¿Se puede superar esta discordancia? Según el autor, no; a pesar de que posturas conciliadoras, como la adoptada por el papa Juan Pablo II con la teoría de la evolución, vayan permitiendo la coexistencia de ambos tipos de explicación.

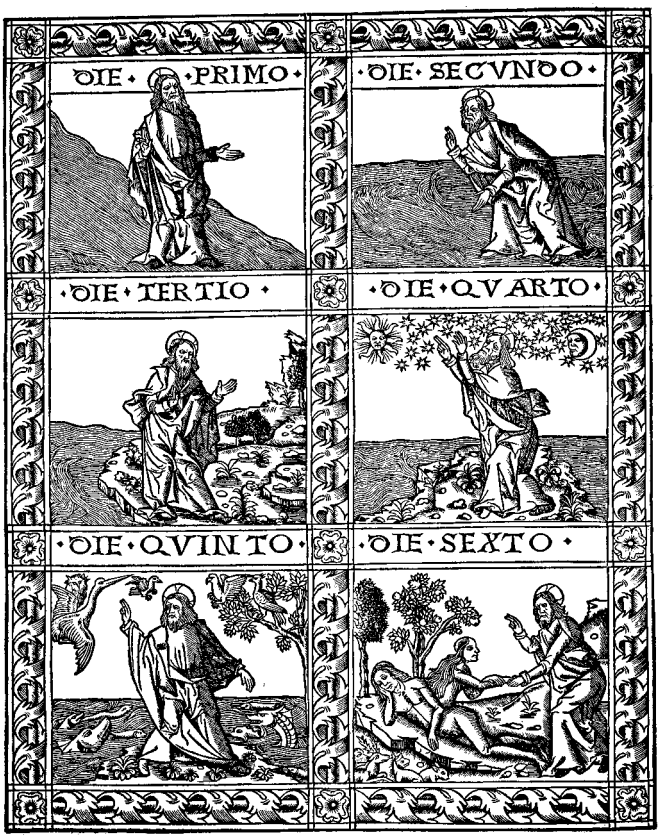
♦♦

"Su objetividad, no su racionalidad o el grado de verdad que conlleva, es lo que da a la Ciencia su valor en la Sociedad

♦♦

Los practicantes de la Ciencia aprenden desde jóvenes que se enfrentan a una cultura diferente de la habitual, con unas reglas, tradiciones, comportamientos y modus operandi distintivos. Ninguno olvida la primera reprimenda de su Director cuando es cazado en el "olvido más o menos consciente" de un hecho que invalida su excitante descubrimiento. El comportamiento científico se instala pronto en sus corazones. Se trata de una actitud que, al menos para la Ciencia Académica, es decir la tradicional, conlleva una serie de normas no escritas que incluyen: comunicabilidad es decir presentación pública de los resultados de su investigación; objetividad, en cuanto que el científico carece de todo interés personal que pudiera prejuzgar sus hallazgos y adopta una postura neutra e impersonal capaz de inhibir el entusiasmo natural por sus propias ideas; originalidad, motor del progreso y novedad, y apreciada tanto por su rareza como por definitoria de la libertad académica; y escepticismo, cualidad que, lejos de representar la sistemática e inoperante duda intelectual, obliga a reforzar a nivel experimental la consistencia lógica y, en consecuencia, la confianza que la ciencia inspira. Estas cualidades, unidas al mecanismo operativo del método científico, es decir, la confrontación sistemática entre la lógica y la experiencia, son fundamentales en la aseveración de que la Ciencia busca la verdad. No la verdad absoluta, si es que existiera, sino su verdad: unos conocimientos que satisfacen los ansiados principios de precisión en la observación, poder de explicación, universalidad y objetividad.

De todos estos principios, es la objetividad la que da a la Ciencia su valor social. Si bien la objetividad, nos advierte el filósofo, nunca puede ser absoluta por ser incompatible con las realidades de la existencia social (todos tenemos valores institucionales que imprimimos en nuestro trabajo científico incluso si intentamos suprimirlos), hay que reconocer, no obstante, que los buscadores de la verdad por la verdad han intentado alcanzarla objetivamente, como demuestran las trayectorias de aquellos científicos que solemos poner de ejemplo a nuestros estudiantes. Su objetividad, no su racionalidad o el grado de verdad que conlleva, es lo que da a la Ciencia su valor en la Sociedad. Porque la objetividad de la Ciencia es la garantía pública de conocimiento fiable y desinteresado y cualidad responsable de su excelente reputación de imparcialidad en disputas sociales. Sin ella, tales disputas solo podrían resolverse por referencia a una autoridad política o directamente por la fuerza. En tal sentido, la Ciencia cimenta nuestra estructura democrática. Desgraciadamente, el término científico es frecuentemente utilizado para intentar justificar las más triviales opiniones con objeto de reforzar las características de racionalidad y objetividad que generalmente les faltan. Otras veces, la vulgarización del término responde a un cierto catetismo del que sería conveniente desprenderse.



RELACIÓN BÍBLICA del origen de la vida como parte de la creación (ilustración de una Biblia del siglo XVI, impresa en Lyons).

¿Qué motiva al Científico a realizar este tipo de trabajo, generalmente no pagado, en tanto se realiza en gran parte en Universidades por profesores seleccionados para y remunerados por realizar otros cometidos? La respuesta es directa: además de la búsqueda de la verdad y del bien de la comunidad, el prestigio personal, que repercute a su vez en la permisiva Universidad que le sustenta y se hace copartícipe de este prestigio. Por supuesto, esta actividad descansa en el mecenazgo de instituciones públicas o privadas, tan desinteresadas como el científico en el aprovechamiento privado de la investigación y alejadas del control interno de la actividad, pero cada vez más conscientes de que ante los recursos limitados para el desarrollo de la Ciencia han de establecer prioridades. Por ello la Ciencia básica quedará restringida a aquellos grupos de élite que producen cultura científica reconocida, tal como en el Siglo de Oro se producía cultura literaria. La Sociedad se beneficia de los resultados prácticos que por necesidad, y así lo confirma la Historia, se derivan de la actividad, así como de los científicos formados.

Al menos así era hasta hace poco. La Ciencia Académica está siendo sustituída por la Ciencia Post-académica. Se trata de una actitud dinámica que pretende explotar de manera activa los beneficios potenciales de la Ciencia tradicional; es la versión moderna de la tradicionalmente aislada y estática Investigación Aplicada. Ya no se buscará primariamente la verdad por la verdad, ni por la fama. Se hará Ciencia para ocupar un puesto de trabajo, permanente o no, o, directamente, por dinero.

¿Seguirá la Ciencia conservando sus valores más íntimos con este cambio? Desde luego, la comunicabilidad o la universalidad serán sustituídas por la privatización del conocimiento y la propiedad intelectual. Los mecenas no cambiarán, pero cambiarán sus estándares de excelencia y la utilidad práctica, e incluso política, sustituirá a la excelencia científica. La evaluación de la calidad de la Ciencia Post-académica se presenta mucho más difícil que la de la Ciencia

Académica y será fundamental en su desarrollo y en los beneficios que produzca. Finalmente, ¿podrán las influencias comerciales afectar a la Objetividad de esta nueva práctica científica? Tal vez no, pero, a nivel sociológico, ya no será de fiar. Y es que para ser doncella no sólo hay que ser pura. También hay que parecerlo. Aumentarán los casos de fraude, a veces revestidos de intriga. El fraude científico parece estar bastante restringido a nivel de Ciencia Académica de alto estándar por la sencilla razón de que el trepidante ritmo al que avanza el conocimiento determina que el defraudador sea cazado a corto plazo y castigado con la publicidad de su fechoría y pérdida del empleo. No es el momento de analizar la psicología de este individuo inteligente y, gracias a Dios, más bien escaso, pero sí de hacer notar que la reacción de la comunidad científica contra el fraude acentúa más el valor de la Ciencia a nivel social. Sin embargo, el fraude, en forma generalmente de plagio, puede llegar a ser muy abundante en ambientes intelectuales en que los estándares son relativamente bajos, aquí por personas generalmente obtusas. No sólo no existe control alguno, sino que tampoco existe interés en descubrir los casos; por el contrario se tiende a ocultarlos, y, en ambientes muy viciados, a premiarlos. Por su propia supervivencia la Ciencia Post-académica deberá definir a corto plazo unos estándares apropiados a la importancia que habrá de ostentar.

Pero la Ciencia como fenómeno social y filosófico tiene ante sí desafíos mucho más graves, consustanciales a la Naturaleza humana. Me refiero al rechazo que su dinámica y sus más profundos principios producen en las almas. Este rechazo prejuzga constantemente los beneficios que la Ciencia ha ofrecido al hombre. Es admitido que gozamos de más salud, más riqueza y más sabiduría que nuestros progenitores de principios de siglo. La esperanza de vida se ha multiplicado por dos o tres, se gasta mucho más en salud pública; poseemos más dinero, casas más confortables, ordenadores, Internet; y la cultura, individual o colectiva, se ha acrecentado en términos insospechados. Todo ello como consecuencia del desarrollo de la Ciencia y la Tecnología. Y sin embargo, desvíamos nuestra atención hacia los subproductos de la Ciencia: efecto invernadero, residuos nucleares, o suspicacias acerca de las consecuencias que la secuenciación del genoma humano traerá consigo. Podría replicarse que gracias a la Ciencia se ha podido predecir el efecto invernadero y que los beneficios del conocimiento del genoma (por ejemplo, la previsible curación de enfermedades genéticas) superan, a mi juicio, los perjuicios que del mismo puedan derivarse. Y la Ciencia resolverá (en opinión de algunos ya lo ha hecho) el problema de los residuos nucleares. Pero, aquéllos que detestan la Ciencia seguirán encontrando argumentos en contra. Por ejemplo, si gracias a la Bio-Medicina, muchos enfermos genéticos que mueren en la infancia pueden llegar a reproducirse, la carga genética que soportan se extenderá en la sociedad al faltar la selección natural ¿Habrá que impedir su reproducción? Discurso superficial, utilizado conscientemente por los detractores de la Ciencia, que oculta el fondo del problema.

A nivel estrictamente sociológico, los auténticos temores nos vienen, a mi juicio, de dos hechos fundamentales. El primero es el miedo, rayano en la aversión, al cambio exponencialmente acelerado que la Ciencia impone. Nuestro sistema nervioso central ha evolucionado a lo largo de milenios en unas condiciones relativamente sosegadas y no ha sido hasta el último siglo cuando la frenética carrera se ha desatado. Y el cerebro, cuya capacidad de adaptación por sorprendente que sea, posee también bases genéticas, se resiente a medida que la edad del individuo aumenta. Y expresa cautela, si no auténtico miedo, al cambio.

El segundo hecho es que la Ciencia colisiona con frecuencia con las más profundas creencias personales, generalmente religiosas. La responsabilidad de acercar ambas posturas pertenece a hombres que exhiben la dualidad de científicos y religiosos. La reciente confesión del Papa Juan Pablo II, según la cual la Iglesia Católica acepta la teoría de la evolución confirma la modernización de la misma. Una actitud que ya se inició hace cuatro años con la rehabilitación de Galileo, quien hace cuatro siglos había denunciado las concepciones ptolomeicas en favor de Copérnico. Es cierto que el Papa ha trazado una clara línea divisoria entre el origen del cuerpo (sujeto a evolución de la materia viva que le precede) y el origen del alma (atribuíble a la Voluntad Suprema), en un momento en que se inicia la búsqueda científica de esta última. La denominada hipótesis sorprendente de F. Crick propone que el cerebro humano comienza como un conjunto de neuronas que se diversifica y establece conexiones durante el desarrollo, algunas determinadas genéticamente y otras fruto del ambiente e incluso del azar. En tanto esta hipótesis es evaluada, la actitud de Juan Pablo II representa un paso adelante que confortará a muchos de sus seguidores anclados aún en un creacionismo trasnochado.

Existe sin embargo, un punto esencial de discordancia entre la percepción que del mundo en general, particularmente del viviente, da la Ciencia frente al resto de

las concepciones dirigidas a explicarlo (Religiones o Filosofías), que me temo deberá ser declarado irresoluble. Me refiero a los postulados básicos que definen la propia supervivencia de una y otras. La existencia de Proyectos en la Naturaleza formulados por un Alma Suprema, (denominados, a veces, animismos), es la base de las segundas; la Ciencia, ha sido, en cambio, posible porque su postulado básico, el de la Objetividad de la Naturaleza le impide interpretarla en términos de Proyecto. Nuestra introspección nos obliga, en principio, a reconocer la necesidad innata de explicación de nuestra propia existencia y la universalidad de la misma. Debemos también aceptar que la ansiedad subyacente es apaciguada por las explicaciones animistas que involucran Proyectos y que consagran al hombre como el Rey de la Creación ¿Por qué pues, deshacerse de estos valores que nos sirven, en tanto que alimento espiritual que satisface nuestra necesidad de explicación? Por la sencilla razón de que la naturaleza humana exige también explicaciones racionales, a la que no escapan los misterios del espíritu.

Si la necesidad de explicación es, y así lo creo, innata debe estar basada en un fuerte componente genético cuya aparición y evolución deben poder ser identificadas. Una hipótesis concebible al respecto es que dicha explicación contribuyese a la supervivencia de las tribus primitivas dotándolas de cohesión. Para ello, las explicaciones hubieron de ser necesariamente simples y basadas en valores fijos e inmanentes, que se expresaban en forma de Proyectos fácilmente observables; además, para facilitar, aún más, su aceptación, todas ellas otorgaban al hombre dominio sobre su entorno, siempre que, por supuesto, permaneciese integrado en la tribu. Su prolongación en el tiempo, centenares de miles de años, debió conducir a la selección de un fuerte soporte genético capaz de aprehender y aceptar con facilidad este tipo de explicaciones. Ahora la Ciencia, con su postulado de Objetividad niega la existencia de estos Proyectos, y a cambio, no puede sino ofrecer, al sistema nervioso que "naturalmente" los asume, más que teorías e incertidumbres; llámese Teoría de la Evolución o probabilidad x de que la elevación anual de la temperatura media del planeta sea de 1ºC.

"El segundo hecho es que la Ciencia colisiona con frecuencia con las más profundas creencias personales, generalmente religiosas"

Y esto produce insatisfacción íntima, por cuanto el componente genético que constituye el soporte material en que se integran nuestras creencias dialoga mejor con los valores fijos e inmutables que le dieron vida. He aquí el problema, la contradicción profunda al nivel mismo del origen de los valores ¿Existe alguna esperanza? A mi juicio no. Pero mientras esta contradicción se mantenga en el plano teórico-filosófico y existan actitudes como la de Juan Pablo II que tiendan a mitigar, a nivel sociológico, las profundas discrepancias, la Ciencia podrá subsistir, e incluso ser admitida, aunque observada con desconfianza, en una sociedad que se originó y evolucionó al amparo del más descarnado animismo.

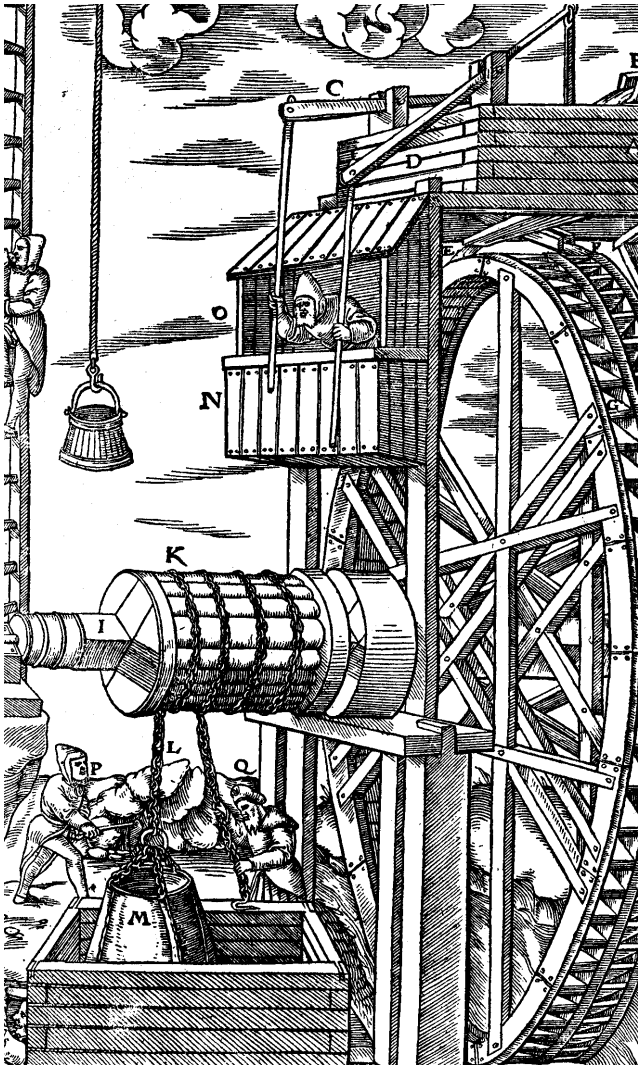
MATEMÁTICAS: CIENCIAS Y LETRAS

Manuel Barrantes López

Dpto. Didáctica, Ciencias Experimentales y de las Matemáticas. UEX.

El autor inicia un recorrido imaginario que va desde la Alicia de Lewis Carrol y los viajes de Gulliver hasta los versos jocosos de Gabriel y Galán que contraponen la rapidez y la eficacia del cálculo mental a la lentitud de las operaciones algebraicas escritas.

"La lógica inflexible" de Russell Maloney, "la ley" de Robert Coates, "el hombre que calculaba" de Beremis Samir, las obras de Martín Gardner, o de Jorge Luis Borges, e incluso de Miguel de Unamuno y algunos otros, serán los ejemplos traídos a colación para hablar de la lírica que puede haber en las matemáticas y de la obsolescencia de quienes dividen el saber en dos categorías disjuntas: ciencias y letras. Alberti, Salinas, Walt Whitman abonarían aquella afinidad entre Matemática y Poesía.



Todo lo que se enseña ha de ser divertido, emocionante, apasionante... si no es así no vale la pena aprenderlo. El espíritu lúdico ha de estar íntimamente ligado a todo trabajo y el intelectual auténtico, como el verdadero investigador, se pasa la vida "jugando" a lo que le gusta. Toda postura pedante quita al aprendizaje su carácter humano.

Se puede ser divertido, te puedes emocionar o apasionar con las Matemáticas, igual que con otras ciencias, por muy serias que se consideren; a pesar de lo que piensen algunas mentes obsoletas, escendidoras del saber en dos categorías disjuntas de Ciencias o Letras, que conciben como un imposible que un profesor de Matemáticas escriba, por ejemplo, poesías.

Para justificar nuestra postura y hacer reflexionar a los más impíos, iniciamos un recorrido imaginario por el mundo de los números en compañía de nuestra amiga Alicia quien nos introduce por la madriguera del

conejo (*Alicia en el País de las Maravillas* y *A través del espejo* de Lewis Carroll). Allí disfrutaremos de aventuras cuya razón está, en el fondo, más próxima a la teoría de juegos que a la espontaneidad infantil. Nuestros límites de lo real no cambiarán, pero podremos observar como, por arte de magia, se nos irán revelando sus conexiones más profundas, el lenguaje se tornará intraducible y la imaginación hará que la lógica se nos vuelva del revés: "*...los flamencos y la mostaza, ambos pican; y la moraleja de esto es... Dios los cría y ellos se juntan*".

Dejamos el vertiginoso mundo de Alicia y viajamos con el capitán Gulliver al país de Laputa cuya base principal es una isla flotante donde reina la pedantería en la ciencia y el saber. Los laputianos son matemáticos y músicos, tan astraídos en sus cavilaciones que van siempre acompañados por un criado que les llama la atención si alguién se dirige a ellos, o van a caer en algún peligro... Sus comidas son geométricas, sus trajes se hacen con regla y compás y, debido a su desprecio por la geometría práctica, sus casas son estrambóticas ya que no guardan la menor simetría.

En este momento Gulliver ha bajado de la isla flotante y se encuentra en la capital del reino, Lagajo, concretamente en la Academia General y en la sección de matemáticas, donde el profesor le está mostrando un nuevo sistema para enseñar a sus discípulos:

"*...escribir sobre una oblea cada una de las demostraciones y problemas matemáticos, usando para ello una tinta cefálica. El alumno no tenía que hacer otra cosa que comerse la oblea en ayunas y mantener un régimen de pan y agua durante unos días, mientras hacía la digestión de la oblea y las letras cefálicas subían a su cerebro llevando a él la proposición escrita*." (*Viajes de Gulliver* de J. Swift).

En nuestro viaje imaginario dejamos a Gulliver conversando con el profesor sobre los resultados de este método de enseñanza y nos trasladamos a otra isla, Fauna, donde el reverendo Timothy Fortune intenta enseñar Matemáticas a un joven nativo y amigo, Lueli, que se encuentra muy deprimido. Intentaremos contar brevemente el motivo de este mal: El Sr. Fortune llegó a esta isla hace tres años para hacer cristianos y no había conseguido ni un solo converso, pero estaba contento porque al fin conseguía una causa para Dios, esto es, Lueli. Este se hizo cristiano para no ofender a su buen amigo pues a quien realmente adoraba era a un ídolo. Durante un terremoto, Lueli rescata al Sr. Fortune del incendio de una choza, pero pierde al ídolo, que se encontraba también en ella.

Estos acontecimientos han originado que el Sr. Fortune pierda su fe y Lueli caiga en la desesperación. Sin embargo, el caso de éste es más grave y el reverendo idea juegos y actividades que fracasan una tras otra. Por ello esta mañana se ha levantado con la esperanza puesta en las Matemáticas. (*Fantasías del Sr. Fortune* de S. Towsend Warner).

Dejamos al Sr. Fortune y a Lueli y nos pasamos por casa de Mr Bambridge, jóven soltero, que se encuentra atareado en comprobar que "*si seis chimpancés se pusieran a golpear al azar seis máquinas de escribir, en un millón de años escribirían todos los libros del British Museum*" (*Lógica inflexible*, relato corto de Rusell Maloney).

Desde aquí nos dirigimos a la ciudad de New York donde se ha producido un fallo súbito y misterioso de la ley de los promedios: "*En un día aparentemente normal, el puente Triborough ha alcanzado la concentración de tráfico más elevada de su historia pero esto no sería importante si no hubieran ocurrido otros casos como el del restaurante Luncheon donde un día todos los clientes piden paletilla asada con salsa y otro día todos piden panecillos de viena y al cordero asado ni caso...*" (*La Ley* relato corto de Robert Coates).

Estas dos fascinadoras y, a la vez, inquietantes historias nos han dado tanto que pensar que ha llegado el momento de pasarlo bien y trasladarnos a la India donde encontramos a Beremís Samir, "el hombre que calculaba". Llamado así porque es tan hábil en el cálculo que es capaz de contar de un solo golpe de vista un rebaño entero o una bandada de pájaros e incluso las abejas de un enjambre. Nuestro hombre va a visitar a unos parientes de Bagdad. Durante el camino y una vez en la ciudad, en la que será recibido por el Califa, resuelve problemas y enigmas como la singular aventura acerca de una herencia de 35 camellos que deberían ser repartidos entre tres árabes o cómo determinar por el cálculo el color de los ojos de cinco esclavas.

No menos entretenida es la solución que Beremís da al problema del contrabandista Sanadique cuya pena de cadena perpetua fue reducida a la mitad y para que esta fuera justa había que calcular cuánto tiempo debía permanecer en la cárcel y cuánto tiempo en libertad. (*El hombre que calculaba* de Malba Tahan).

Dejamos a nuestro amigo enfrentado, en audiencia pública, a siete sabios famosos quienes van a plantearle más enigmas y problemas, para trasladarnos a los mundos de los juegos y rompecabezas: esas

creaciones humanas tan llenas de imprevistos y aventuras recopiladas e inventadas por autores tales como Martin Gardner, Mataix, Perelmán y muchos otros, gracias a los cuales las Matemáticas son un terreno fértil en el campo de la literatura.

Recalamos en la literatura y recordemos a Jorge Luis Borges (*Algunos reflejos de las Matemáticas en la obra de J.L. Borges* de Andrés Soria en la revista Suma 1) o a Miguel de Unamuno imantados de las matemáticas por el rigor, la lógica y exactitud de sus reglas y métodos: "L*a razón de ser de la pajarita de papel es su perfección geométrica, perfección a que a todas ellas tienden, aunque no logran alcanzarla jamás*." (*Apuntes para un tratado de cocotología* en *Amor y Pedagogía* de M. Unamuno).

En el mundo de la poesía también encontramos poetas que han hecho referencia a las Matemáticas en su lírica entre los que podemos citar el poema de Rafael Alberti *Angel de los Números* (*Sobre los Angeles*) o ese otro dedicado a la sección Aurea *A la divina proporción* (*A la pintura*) o los versos de Pedro Salinas en *Números* (*Seguro Azar*) y el *Canto el cuadrado divino* (*Hojas de Hierbas* de Walt Whitman).

La relación de las Matemáticas y la poesía se remonta al conocido epitafio, escrito en versos, de la tumba de Diofanto o a los problemas del Lilavati, obra del matemático hindú Baskhara, revestidos de un lenguaje poético y metafórico (el epitafio y algunos problemas se pueden leer entre otros en *Álgebra Recreativa* de Y. Perelmán). Algunos matemáticos ponían en versos los resultados obtenidos en sus investigaciones y algunos desarrollos o fórmulas, para acordarse de ellas (consultar cualquier Historia de las Matemáticas como las de Boyer, K. Ribnikov o del Rey Pastor y Babini). Como caso curioso podemos citar a R. Nieto que en su libro *Los números* incluye un poema donde, contando las letras que forman cada palabra se obtienen las cifras del número π (pi).

De la poesía nos trasladamos al mundo de la farándula donde encontramos a Vital Aza, comediógrafo de fines del siglo XIX, que mezcla las Matemáticas con el humor y la caricatura. ¡*Basta de Matemáticas*! y ¡*Ciencias Exactas*! son las más significativas de sus obras donde la chispa matemática esta presente (*Matemáticas y humor en las comedias de Vital Aza* de J.M. Nuñez en la Revista Suma 11).

Antes de despertar, nuestro paisano de Alconchel, Francisco Vera, matemático e historiador de las Ciencias (biografiado por M. Pecellín), nos conduce por el mar de los siglos medievales y nos muestra la evolución del pensamiento matemático con sus errores, supersticiones, creencias y muchas curiosidades que nos harán concebir las Matemáticas desde un punto de vista más humano. (*La Matemática en el Occidente Latino Medieval* de F. Vera en edición de J. Cobos).

Entramos por la madriguera del conejo con Alicia y despertamos con los versos jocosos de nuestro querido poeta J.M. Gabriel y Galán:

...

pa sabel sus saberis le ije:
"Sácame la cuenta
del aceite que hogaño nos toca
del lagal pol la parti que es nuestra.
Se maquilan sesenta cuartillos
p'aca parti entera,
y nosotros tenemos, ya sabis,
una media tercia,
que tu madre hereó de una quinta
que tenía tu aguela Teresa."
¡Ya ves tú que se jaci en un verbo!
Sesenta la entera
doci pa la quinta,
cuatru pa la tercia
quita dos pa una media, y resultan
dos pa la otra media.
Pus el mozu empringó tres papelis
de rayas y letras,
y pa ensenrearsi
de aquella maeja
ijo que el aceite que a mí me tocaba
era "pi menus erre". ¿Te enteras?
¡Pus pués dil jaciendu
las sopas con ella!
.....

(Varón en Extremeñas)

¿TIENE QUE SER TRAUMÁTICO EL PASO DE UN SIGLO A OTRO?

José Cobos Bueno
Profesor Titular Matemáticas. UEX.

La transición del siglo XIX al XX presenció en las ciencias físicas y matemáticas una crisis de fundamentos que revolucionó las concepciones seculares de los científicos sobre la naturaleza y sobre estas ciencias.

Junto a las conocidas crisis producidas en el campo de la física por los descubrimientos y las nuevas teorías consiguientes, las aportaciones de Cantor al estudio del infinito matemático, la teoría de los tipos de orden de B. Russell, en la búsqueda de la fundamentación lógica de las matemáticas, y la aparición de las geometrías no euclidianas constituyen los exponentes más conspicuos de la crisis de fundamentos en el campo de las matemáticas. A partir de lo que la historia de la ciencia nos enseña ¿tiene que ser traumático el cambio de siglo?

Una pregunta sin respuesta fácil es: ¿Tiene qué ser traumático el paso de un siglo a otro? Basa con acudir a la Historia más cercana y quizás como antecedente nos sirva la llegada del siglo XX.

El hombre del siglo XIX era enciclopedista, "casi" todos los saberes estaban a su alcance, pero he aquí que en los seis últimos años del siglo XIX y los cuatro primeros del XX aparecen hechos que le hacen entrar en una crisis de angustia:

En 1895 Roontgen descubre los rayos X; en 1896 Becquerel encuentra la radiactividad; en 1897 J.J. Thomson mide la carga del electrón; en 1898 el matrimonio Curie halla el radio; en 1899 Hilbert recrea la Axiomática; en 1900 Planck concibe los quanta de energía; en 1901 Yokichi Takamine aisla la adrenalina; en 1902 aparecen las primeras paradojas de la teoría de conjuntos; en 1903 Ramón y Cajal consigue teñir las fibras nerviosas del cerebro, y en 1904 Fitzgerald lanza la idea de que los cuerpos en movimiento se contraen cuando están colocados paralelamente a la dirección en que se mueven.

Y por si fuera poco, en 1905, un joven inspector de la Oficina de Patentes de Berna envía una monografía a una revista técnica de Alemania donde dice *que no existe un punto fijo de referencia en el Universo para medir las distancias*. Este joven es Albert Einstein. Ya parece que se entiende que el hombre un "poco" culto sufriera una crisis de angustia. Nosotros vamos a orientar "este cambio" en el sentido de la formalización que tuvo lugar en la Matemática.

Cantor a finales del siglo XIX crea la teoría de conjuntos. El concepto de número, base de la Aritmética -que hasta entonces estuvo envuelto en una inexplicable verborrea-, se aclaró definitivamente, y la Lógica, encentada por Boole, Pierce y Schröder -iniciadores de la reconstrucción del Organum aristotélico, mediante el llamado cálculo de clases-, parecía un edificio hecho y perfecto que satisfacía todas las necesidades de la Matemática, cuando, al realizar una operación reiterada con las clases y las clases de clases, etc., se advirtió que la imponente fábrica construída presentaba fisuras que dieron origen a una grave crisis en la ciencia. La teoría ordinal cantoriana, que postula la existencia de otros números como el definido por la sucesión de todos los números enteros positivos, presentaba fisuras, como por ejemplo: algunos números, como "ciento veinte mil doscientos quince" se nombran con menos de veinte palabras; otros no: $2^{20} + 2^{19} + 2^{18} + ... + 2 + 1$. Cojamos el número más pequeño que no se puede nombrar con menos de veinte palabras. Alguno

será. Y eso es curioso porque yo acabo de nombrar el "número más pequeño que no se puede nombrar con menos de veinte palabras" con trece.

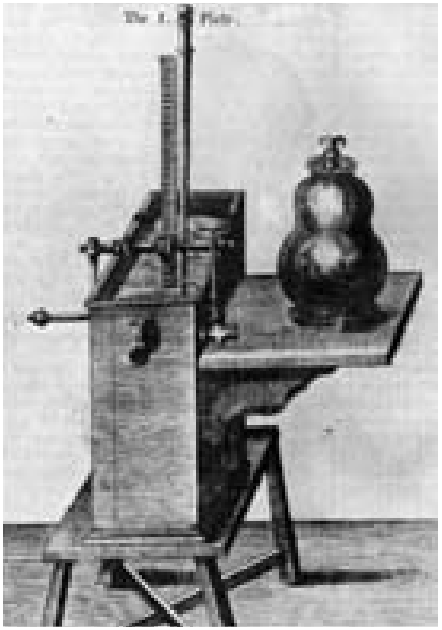
Russell acudió en socorro de esta paradoja, creando la teoría de los tipos de orden.

Si en la rama analítica de la Matemática se hicieron tan notables investigaciones, la rama geométrica no le fue en zaga.

La revisión crítica a que se había sometido la Geometría en el último tercio del siglo XIX, obligó a los matemáticos a investigar los fundamentos de la ciencia de Euclides y, al encontrar que ésta se apoyaba en la intuición espacial, que había conducido a tantos errores, se pensó en darle una base sólida que resistiera los embates de la Lógica. Pasch había conseguido avanzar en la Geometría lineal y caudrática, pero la verdadera labor revolucionaria estaba reservada a Hilbert, quien consiguió construir la fábrica geométrica partiendo de un cierto número de axiomas o postulados, palabras sinónimas en el diccionario. Las definiciones de los conceptos primitivos conceptos de punto, recta y plano aparecen como relaciones formales entre los axiomas. Siendo la Geometría el conjunto de las propiedades que se deducen de los axiomas exclusivamente mediante un mecanismo lógico. Se destruye la unicidad de la Geometría, para establecer, tantas como sistemas de postulados. Quedando en condiciones de acudir a la llamada de la realidad física y conviviendo todas en una Pangeometría similar a la integral de una ecuación diferencial que condensa todas las posibilidades.

La teoría de conjuntos dentro del Análisis, el Álgebra, la Lógica, etc., y la construcción axiomática de la Geometría inauguran lo que podríamos llamar la Metafísica de la Matemática, que para muchos fue una marcha atrás en la evolución de la Ciencia si no fuese que sus raíces eran más profundas que las definidas por Comte en su ley de los tres estados en la historia de la Ciencia.

Los axiomas de Euclides, que los filósofos antiguos consideraban necesarios y que tenían valor eterno para Kant, perdieron su lugar privilegiado dentro de la Ciencia. Se podían imaginar mundos en los cuales los axiomas de Euclides eran falsos. La Matemática empleaba la Lógica tanto para destruir los prejuicios del "sentido común" como para demostrar la posibilidad de la existencia de espacios diferentes. Algunos de ellos difieren del euclídeo en menos del error de nuestros instrumentos de medida y, por consiguiente, no podemos decidir por observación directa si nuestro espacio es o no euclídeo; quedando así invertido el problema de la naturaleza del espacio. Antes era la experiencia la que daba a la Lógica un espacio único y ahora la Lógica crea una pluralidad de espacios que entrega a la experiencia para que esta elija el más conveniente.



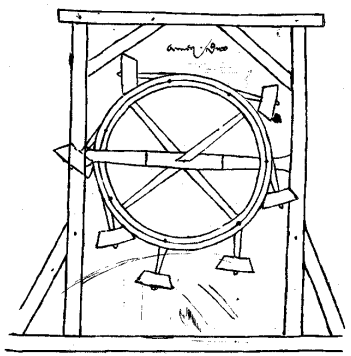
Segunda bomba de aire de Boyle, de New Experiments...

LOS LIBROS HERMOSOS, QUE NO SABRÁN DE NOSOTROS CUANDO NOS HAYAMOS IDO

Jesús M. F. Castillo
Catedrático Matemáticas. UEX.

El amor a los libros suele venir de la amplia gama de experiencias enriquecedoras que se viven con ellos, tanto al leerlos como al adquirirlos. Cada libro tiene su historia particular para el que los ama y los conserva. Un libro es una criatura que puede atraernos por las razones más insospechadas. En él podemos encontrar facetas encantadoras, independientemente del tema que en él se contenga. De uno amaremos las ilustraciones, de otro las tapas, porque son duras, o tal vez porque son blandas, de éste la tipografía, de aquél la ocasión y el modo de adquirirlo... Un libro acaba siendo una criatura independiente con la que mantenemos relaciones radicalmente humanas.

Por eso un libro ha de ser, por encima de todo, "sentido" y sólo así será hermoso, aunque no sepa de nosotros cuando nos hayamos ido.



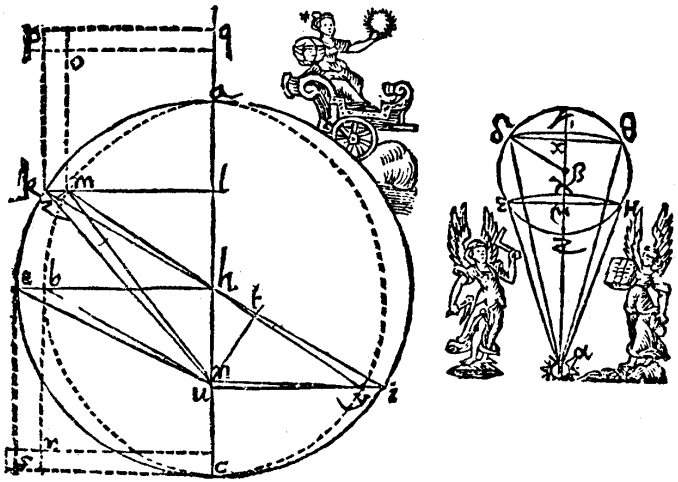
Movimiento continuo: utilización de pesos para hacer que la máquina gire. De los libros de notas de Villard de Honnecourt, 1235.

Por alguna razón los libros de matemáticas producen un rechazo instantáneo, incluso entre quienes gustan de los libros: pocos se atreven a hollar sus páginas y, lo que es peor, prácticamente nadie piensa que haya en ellos nada interesante que merezca la pena conocerse.

Por alguna razón las personas gustan de hacer clasificaciones, divisiones y compartimentos... y creer luego que esas clasificaciones tienen existencia real y deben respetarse; y además, lo que es peor, que no hay otras cosas que las comprendidas en esos límites. Decía E. Sábato que el gusto por la literatura añade una habitación más a la casa de la vida. Lo mismo, está implícito, se aplica a la música, a la pintura; y a las matemáticas también. Así que dejemos de pensar en géneros ni distinciones: sólo habitaciones en la casa de la vida; sólo libros (en realidad, lo que hace difícil la lectura de un libro de matemáticas no son las matemáticas; por lo mismo que lo que hace difícil la lectura de *El Conde Lucanor* no es el lenguaje).

Por alguna razón, seguramente porque de pequeño leía con mi madre la Enciclopedia S.M. ilustrada en blanco y negro, adoro los libros que presentan dibujos intercalados en el texto; también, ya que estamos en ello, me gustan los libros en tapas duras que "caen bien" en las manos; los libros en un papel ligeramente amargo al roce de los dedos; los libros en su tamaño apropiado; las páginas con amplios márgenes en blanco y tipografía casi en relieve... Quizá esto sea una declaración de principios o sólo de amor por los libros. Pero así sabrán a qué atenerse para lo que sigue.

Estoy viendo un tomo de Obras Completas de Shakespeare, que ahora es mío pero antes fue de Paco Pons, librero y sin embargo amigo, quien me lo regaló sabiendo de mi gusto por Shakespeare. Es una edición antigua ("fatigada por el tiempo" sería la expresión para propiciar su venta en una librería de ocasión) que intercala en el texto fotografías de representaciones históricas de las obras de Sha-



La órbita elíptica de Marte en su carroza alrededor del Sol, de Kepler, Astronomica Nova... de Motibus Stellae Martis, Praga, 1609.

kespeare; organizada en papel biblia y letra un tanto pequeña, leer unas páginas antes de dormir requiere cierta disposición de ánimo. Pero es un libro hermoso: "Some raise by sin / some by virtue fall" (Algunos se salvan por el pecado / otros se condenan por la virtud).

Veo algo más allá el primer tomo del *Álgebra Conmutativa*, de Bourbaki, en edición de tapas blandas de Masson. Este lo compré por un desengaño amoroso y, sin que ello quite interés al álgebra conmutativa, no puedo decir que lo haya abierto mucho; excepto para sentir el paso de las páginas que es como sentir lo lejos que queda la herida. Bourbaki, se cree, es el nombre adoptado por una agrupación de matemáticos principalmente franceses que, decidiendo un día que las matemáticas no estaban bien explicadas, decidieron escribirlas por completo "ab initio". Creo que van ya veintitantos tomos... (Señor, compadécete de mi/El mar es tan grande y mi barca tan pequeña...).

Este que me acabo de topar es diferente: en realidad son fotocopias de algunas páginas de revistas descatalogadas que contienen artículos de Alexander Grothendieck. De él decían los Bourbaki que "a los veinte años ya era un maestro". Tras cinco años de intensa creación, dejó las matemáticas para irse a una granja a cuidar cerdos. "Es casi lo mismo" decía. Grothendieck hacía matemáticas de un modo que ahora no se hace: hablando, sin fórmulas apenas ni diagramas. Sólo un discurso, como una novela, que va desgranando la verdad pétalo a pétalo. Me vine cargando desde Alemania con estas fotocopias a modo de equipaje, y una amiga mía hizo una vistosa encuadernación en piel (grabando en un rincón del lomo un cerdito sonriente).

Hablando de sonrientes, me acabo de encontrar con una pequeña edición de *La caza del Snark* de Lewis Carroll (sí, el de los libros de Alicia) que traje de la librería Foyles tras algunas correrías por allí (en realidad, la mitad de la correría que Luna y yo nos dimos era evitando a un vendedor de enciclopedia Británica emboscado -¿dónde puede alguién emboscarse mejor que en Foyles? ¿dónde se esconde un árbol mejor que en un bosque?-). Esta edición es curiosa en al menos un par de cosas: es un librito cuadrado, y tiene dibujos propios (es decir, no las de la edición original que se reproducen siempre; como los de Alicia). Si quieren recuperar parte de un mundo que se ha ido, siéntense a disfrutar con la caza del Snark. El equivalente en español sería *La Venganza de Don Mendo*, del que hay una edición magnífica en el Círculo de Lectores ilustrada por Mingote. (Entre esas piedras, oculta, / afilaré mi puñal. / Márchome, pues , por aquí, / y vete, Alí, ¡por Alá!).

Y mira, aquí asoma el *Algebra* de Lang. Tal vez el primer libro de matemáticas que tuve; por él estudié los primeros años de carrera y parece que ya va siendo hora de que empiece a aprendérmelo en serio. Me parecía entonces, y seguramente seguirá siendo así, un libro perfecto: ni sobra, ni falta una sola palabra. Y, además, con esos dibujos intercalados en el texto...

No sé como clasificar estos libros; si como ciencias, letras, música o poesía. A nadie importa. Cuando uno de esos libros cae en mis manos vuelvo a ser el niño mirando la enciclopedia, pasando las manos por las páginas que no basta ver, hay que sentir; esperando, como no he dejado de hacer desde entonces, que mi madre venga a leer conmigo la lección.

Ah, esas ilustraciones intercaladas en el texto...

JULIO VERNE EN CLASE DE FÍSICA

Bacas Leal, P.; Martín-Díaz, M. J.; Perera Cendal, F. y Pizarro Galán, A. M.
Profesores de Enseñanza Secundaria - Grupo Alkali.

Las situaciones que se fantasean en la ciencia ficción constituyen un espléndido medio para atraer la atención del lector hacia ciertos aspectos científicos. Como tal elemento motivador, el libro de ciencia ficción puede ser utilizado como instrumento didáctico fundamental, para mejorar las actitudes de los alumnos ante las clases de ciencias.

Pero hay una gran diversidad en las obras de ciencia: las que, en el caso de autores como I. Asimov o G. Gamow, por ejemplo, poseen una verdadera base científica y que son exponentes de la llamada "ciencia ficción dura"; y las que presentan situaciones fantásticas que violan las leyes de la naturaleza y la ciencia rechaza. En el caso de las obras de Julio Verne, autor que puede ser encuadrado en la línea de la "ciencia ficción dura", se encuentran situaciones cuya posibilidad es avalada por la ciencia y ejemplos de errores (del autor o del conocimiento científico de su época). En este artículo se exponen las posibilidades didácticas que encierran dos obras de este gran autor de ciencia ficción.

La actitud de los alumnos hacia la Ciencia y su influencia sobre el aprendizaje han sido objeto de numerosos estudios (Ransey y Howe, 1969; Taylor, 1974; Schibecci, 1984). Algunos autores (Milson, 1972; Story y Brawn, 1979) han indicado que el uso de determinados materiales curriculares y métodos de enseñanza influyen positivamente en las actitudes de los alumnos hacia las ciencias; sin embargo, las actitudes favorables decaen progresivamente a medida que se prolonga el contacto con ellas (Hadden y Jonhstone, 1983; Yager y Yager, 1985). La ciencia ficción (CF), hacia la cual los alumnos parecen tener una actitud favorable, puede contribuir a hacer las clases más atractivas; la resolución de los problemas planteados por la CF puede aumentar el deseo del alumno de aprender significativamente.

Desde el punto de vista científico existe una gran diversidad de obras de CF, desde las que poseen una gran base científica, que se encuadran dentro de la llamada CF "dura", hasta las que presentan una CF tan fantástica que han sido rechazadas por la comunidad científica.

De entre las posibilidades que nos ofrece la CF dura en el aula podemos señalar (Bacas et al., 1994):

* comprobación de los datos numéricos que aparecen en los relatos.

* análisis de las posibilidades reales de existencia de la situación fantástica que plantea el autor, teniendo en cuenta las leyes de la Ciencia.

* descubrimientos de los errores cometidos por el autor, o bien de los errores científicos de la época en que fue escrita la obra...

Las novelas de Julio Verne *De la Tierra a la Luna* y *Alrededor de la Luna* pueden encuadrarse dentro de este tipo de CF. Son dos de las más célebres novelas que el tiempo ha consagrado como auténticos clásicos de este género. En *De la Tierra a la Luna*, Verne narra las peripecias del Gun-Club para lanzar una bala de cañón a la Luna; la minuciosa descripción de los fundamentos científicos confieren plausabilidad técnica a la aventura, a la par que constituye una magnífica exposición de los mismos, de tal manera que podemos considerar a J. Verne como un divulgador de la Ciencia. En numerosas ocasiones, estas descripciones científicas van acompañadas de notas históricas.

Así, Verne aporta datos de la órbita de la Luna, de su geografía, la explicación de sus fases, el por qué vemos siempre la misma cara... y hace una exhaustiva relación histórica de autores que la han estudiado, desde Tales de Mileto hasta Beer y Moedler, pasando por Copérnico, Ticho Brahe, Herschel, etc. Más adelante, por

ejemplo, explica la reacción química de obtención del piróxilo, que es la nitrocelulosa empleada como explosivo para el lanzamiento de la bala...

El ofrecimiento de Michael Ardan a viajar a la Luna dentro del proyectil convierte lo que parecía ser un mero problema de balística en una auténtica odisea espacial: hay que proveerse de alimentos (que serán prensados para que ocupen menos espacio), hay que generar oxígeno y eliminar el dióxido de carbono exhalado (las soluciones consisten en utilizar la reacción de descomposición del clorato de potasio y en una disolución de potasa).

Los detallados datos que aparecen, referidos a distintos aspectos acerca de la viabilidad del proyecto, pueden ser utilizados en el aula en forma de problemas, como por ejemplo:

La bala esférica que el Gun-Club quiere enviar a la Luna tiene las siguientes dimensiones: 180 pulgadas de diámetro y 12 pulgadas de espesor. Será fabricada en aluminio: *Este precioso metal tiene la blancura de la plata, la inalterabilidad del oro, la tenacidad del hierro, la fusibilidad del cobre y la ligereza del vidrio. Se trabaja fácilmente, es tres veces más ligero que el hierro...* El peso de la bala será, según el autor, de 19.250 libras. Compueba este dato.

En la novela de Julio Verne *De la Tierra a la Luna* se plantea la necesidad de generar oxígeno en el interior de la bala que va a ser lanzada a la Luna (con tres ocupantes y un perro). Se dice textualmente: *El clorato de potasa es una sal que se presenta bajo la forma de pajitas blancas. Cuando se eleva a una temperatura que pasa de 400^0, se transforma en cloruro de potasio y el oxígeno que contiene se desprende enteramente. Dieciocho libras de clorato de potasa dan siete libras de oxígeno, es decir, la cantidad que necesitan gastar los viajeros en 24 horas...* Escribe la reacción química y comprueba si los datos estequiométricos son ciertos.

Por otra parte podemos "criticar" algunos de los aspectos que se plantean:

A) De la descripción de las características del Columbiad (cañón de 300 m de longitud excavado verticalmente en el suelo) y de la velocidad con que el proyectil ha de salir por la boca del mismo (16 km/s), si consideramos el roce con la atmósfera), se puede estimar en unas "40000g" la aceleración del movimiento en el ánima del cañón, suponiendo un M.R.U.A. y despreciando la fricción del aire en el interior del Columbiad. Esta aceleración es imposible de resistir fisiológicamente, ya que el límite humano está en 25g durante 40 segundos (Pueyo, 1981). La aceleración de 40000g "los aplastaría en el acto. Nada más que el sombrero de copa de mister Barbicane pesaría en el momento del disparo más de 15 toneladas (el peso de un vagón de ferrocarril cargado). Este sombrerito sería más que suficiente para aplastar a su dueño" (Perelman, 1975). Verne era consciente de estas dificultades al proponer algunas medidas, de todo punto insuficientes, para amortiguar y absorber el impacto.

Un análisis de las fuerzas actuantes sobre los pasajeros y despreciando rozamientos, nos permite calcular que el Columbiad debería tener una longitud de ¡550 km!. El tiempo que los pasajeros estarían expuestos a la acción de esta aceleración sería de 68 segundos, superior, por tanto, al límite humano. Esta situación tan extrema nos puede servir, de nuevo, para plantear cuestiones y problemas a nuestros alumnos:

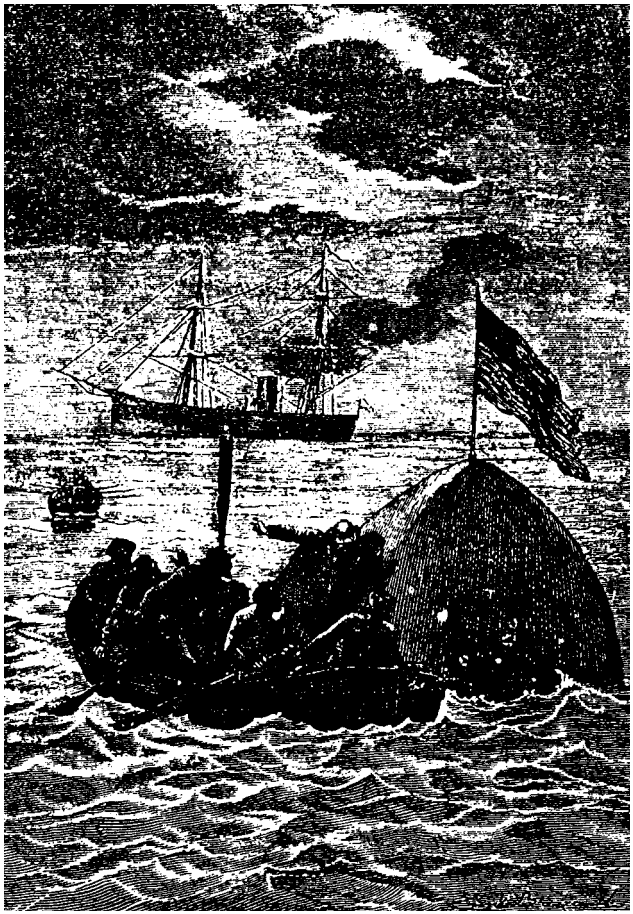
¿Qué longitud habrá de tener el Columbiad para que la aceleración de la bala no supere 25g, que es el límite que puede soportar un astronauta?.

¿Durante cuánto tiempo estaría la bala en el ánima del cañón?.

B) Verne propone que la bala alcanzará su velocidad de lanzamiento empleando como explosivo el piróxilo, para el que da los detalles de su obtención a partir de la celulosa y del ácido nítrico, sin embargo, la velocidad de la bala no puede superar la velocidad de expansión de los gases, que no supera los 4-5 km/s. El sueño de Verne sólo sería posible utilizando dispositivos basados en el principio de acción y reacción, pero nos da la ocasión para estudiar los fundamentos que rigen los cohetes empleados en astronáutica.

C) El choque de la bala a 16 km/s contra la atmósfera generaría tal calor que se desintegraría. Parece ser que Verne menospreció este efecto, o bien, lo ignoró deliberadamente.

La bala ha sido disparada desde el Columbiad. Los gases generados en la explosión ha provocado un huracán y el cielo se ha cubierto de oscuras nubes. Durante varios días ha sido imposible seguir la pista de la bala con el gran telescopio instalado en las montañas rocosas. Cuando, al fin, pueden localizarlo, descubren que se ha convertido en un satélite artificial de la Luna.



Verne termina así *De la Tierra a la Luna* sin conocer la suerte de sus protagonistas. Es en *Alrededor de la Luna* donde se produce el desenlace de la aventura:

La bala disparada por el Columbiad ha despegado con éxito. Nuestros protagonistas, Barbicane, Nicholl y Ardan se recuperan de esta primera emoción. Satélite, uno de los perros que viajan a bordo, ha corrido peor suerte, y su cadáver, aunque arrojado al vacío, les acompañará durante todo el viaje. La primera duda que les surge es si se encuentran camino de la Luna, o por el contrario están parados. ¡Absurda duda para una nave en vuelo libre!, así como absurdo el efecto que describe Verne de disminución gradual del peso con la distancia a la Tierra, puesto que la situación a bordo de la bala es semejante a la de un ascensor en caída libre: sus pesos aparentemente son nulos, aunque no haya dejado de existir la gravedad terrestre, ya que todos los objetos se mueven con la misma aceleración que el proyectil y no presionan sobre las paredes del mismo. Asombrosamente, esta es la explicación que da Verne al hecho de que Satélite los acompañe a lo largo de todo el viaje en el exterior de la bala.

A los trece minutos de haber abandonado la Tierra, se encuentran con un pequeño asteroide que gira a 8140 km de altura en 3h 20 min, una segunda luna de la tierra, y que ha estado a punto de chocar con ellos. Estos datos que aparecen en el libro han sido propuestos por un astrónomo francés, un tal Petit; nos permite utilizar la tercera ley de Kepler:

A partir del periodo de esa supuesta luna que ha estado a punto de chocar con la bala, 3h 20 min, ¿qué altura habría que esperar para ella?. Si aceptamos como válida la altura a la que gira, 8140 km. ¿cuál es su periodo?.

Como el viaje es largo, en ciertos momentos el genial Barbicane aprovecha para instruir, de forma amena, a Michel Ardan, alumno aventajado, y así, revisan los cálculos realizados por el observatorio de

Cambridge para la velocidad de lanzamiento de la bala a partir de una ecuación, cuya deducción podemos proponer a nuestros alumnos a partir del principio de conservación de la energía mecánica. Con horror descubren que los astrónomos no han tenido en cuenta en sus cálculos el roce con la atmósfera y la disminución que ello supone en la velocidad de la bala. ¿Alcanzarán el punto neutro?.

De nuevo, la situación creada nos permite comprobar algunos datos, como el lugar en que Verne sitúa el punto neutro y proponer los ejercicios siguientes:

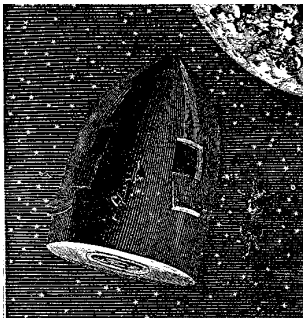
Si consideramos una situación estática, es decir, la Tierra y la Luna en reposo, ¿dónde está situado el punto en donde se igualan las atracciones lunar y terrestre.

A partir del Principio de conservación de la energía mecánica, deduce la ecuación que plantea Verne para el cálculo de la velocidad de lanzamiento de la bala, suponiendo que ésta debe alcanzar el punto neutro con velocidad igual a cero, y despreciando el roce con la atmósfera.

La bala logra sobrepasar el punto neutro. En esta posición, los pasajeros celebran con gran humor la pérdida de peso, pero la bala no caerá sobre la Luna. La bala la rodeará describiendo una elipse cuyo aposelenio se confundierá con el punto neutro. Este es el efecto que ha producido su encuentro con el asteroide.

Durante este viaje alrededor de la Luna, Verne aprovecha para divulgar la historia de la observación lunar: Galileo, su primer observador, Hevelio Dantzig, Ricciolo, Cassini, etc, citando el *Mappa selenographica*, elaborado por Beer y Moedler en 1830 y el mapa de Lecouturier y Chapuis, de 1860 (el libro se publica en 1870), que sirven para que Barbicane describa minuciosamente la superficie de la luna, con sus mares y sus cráteres, con las cimas más altas, etc. Además, Verne aprovecha para incluir las teorías sobre la Luna vigentes en su época.

Durante el recorrido de la bala por la cara oculta de la Luna, que está sumida en la más completa oscuridad, miden la temperatura del espacio exterior. La explosión de un bólido como una inmensa bengala, les permite contemplar la cara oculta durante unos segundos: parece que observan agua, nubes, bosques... Al atravesar el polo Sur de la Luna a la misma distancia a la que habían pasado por el Norte deducen que describen una elipse que los hace regresar al punto neutro. Llegados a este punto accionan los retrocohetes con la intención de caer sobre la luna, pero la bala sigue su camino a la Tierra y caen en alta mar impactando el bauprés de la corbeta Susquehanna. La búsqueda de la bala termina cuando la encuentran flotando en el mar (el principio de Arquímedes). Ya seguros, los tres protagonistas recorren el país recibiendo homenajes y aplausos allá por donde van.



Estas son sólo algunas de las numerosas posibilidades (Bacas et al., 1993) que ofrecen estos dos clásicos de la CF para su utilización en las clases de Física y Química. Además, podemos indicar algunos de los aspectos que contribuyen a la fama de visionario que se otorga a Verne: el emplazamiento del cañón en Florida. El observatorio en la cima de una montaña, la caída de la bala en el Pacífico, la necesidad de la cooperación internacional...

¿POR QUÉ EL CIELO ES AZUL? LA BELLEZA DEL CIELO A TRAVÉS DE LA FÍSICA

M.ª Isabel Suero López y Ángel Luis Pérez Rodríguez. Grupo Orión.
Área de Óptica. Departamento de Física. Facultad de Ciencias. UEX.

Todas las coloraciones y formas que el cielo nos ofrece tienen una propiedad común: que no pueden imitarse con los medios humanos. Siempre que se intenta reproducirlas sobre un lienzo, un papel, madera o metal, se fracasa irremediablemente. Son obra de un maestro que dispone de medios verdaderamente "celestiales". Su pincel es la luz solar y su lienzo es el voluble éter con sus nubes y el finísimo tejido del velo del polvo atmosférico: ningún artista dispone de ellos.

THEO LÖBSACK
(El Aliento de la Tierra)

El mar de aire que nos rodea constituye un inagotable manantial de gozo para nuestros ojos. El azul de una clara mañana de primavera, el rojo anaranjado de un crepúsculo en una llanura, han hecho a los hombres deleitarse, poetizar e investigar una y otra vez. No importa en qué parte de la Tierra vivamos, tenemos todos un mismo cielo en común. En lo alto, el cielo se nos presenta tan pronto azul ultramar como rosado, ahora blanquecino o de un delicado azul celeste, engalanado con nubes en forma de copos, deshechas en desgarrados jirones o potentemente hinchadas. La variabilidad de esta imagen es tan grande, que nunca se reproduce exactamente. Y los colores salen de una paleta tan rica, que nuestros pintores dirigen, una y otra vez, su mirada al cielo, para inspirarse en el colorido de una puesta de sol o del arco iris.

La belleza del cielo no es más que el resultado de la interacción de la LUZ del Sol con la atmósfera. Una cantidad de humedad, relativamente pequeña, acompañada de partículas de polvo y de ceniza es suficiente para provocar en el cielo las múltiples manifestaciones de color.

Cuando se dan condiciones atmosféricas especiales, pueden aparecer fenómenos atmosféricos cromáticos, como son el Arco Iris, los Círculos de Ulloa, las Coronas solares y lunares, los Halos, Falsos Soles y Falsas Lunas y otros más "raros" (Espejismos, el Rayo Verde, la Luz Sagrada, Auroras Polares, Fuegos de San Telmo...), que son fenómenos ópticos completamente justificados. Aquí nos ocuparemos sólo del fenómeno óptico más común, que es el color del cielo, en sus variadas posibles manifestaciones.

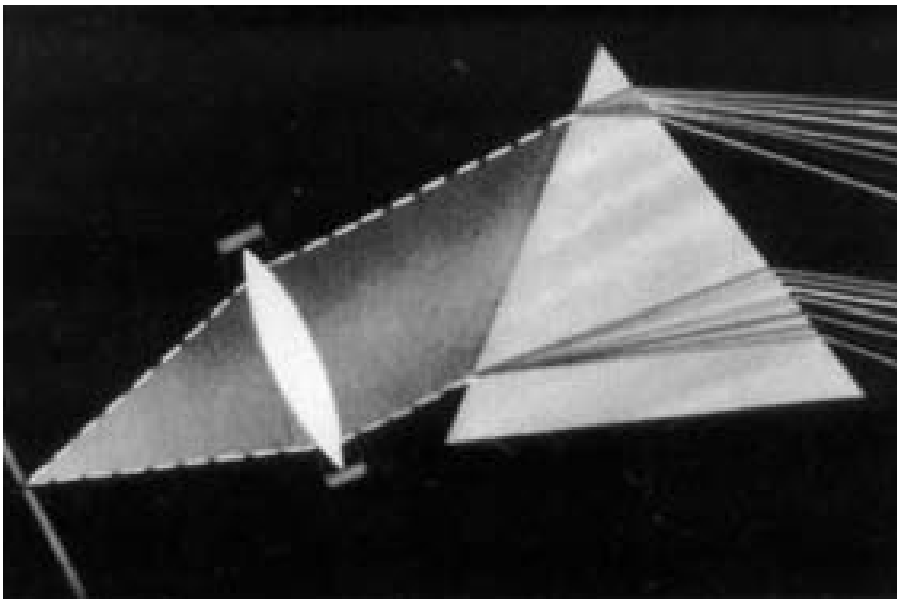
El secreto del *color azul del cielo* está relacionado con la composición de la luz solar -integrada por los distintos colores del arco iris- y con la humedad de la atmósfera. (El Sol es quien se encarga de procurar al aire su humedad. Con su calor,

hace que parte del agua de la superficie terrestre se evapore. En corriente invisible pero incesante, la humedad se dirige hacia el cielo desde los océanos, mares, lagos y ríos; desde el suelo, las plantas y los cuerpos de los animales y del hombre).

Para explicar el color azul del cielo, imaginemos que dejamos pasar un rayo de sol por un prisma de vidrio. La luz se abre en un abanico de colores (se dispersa) por refracción y como resultado de esta dispersión vemos una gama de colores: violeta, azul, verde, amarillo y rojo. El rayo violeta es el que se ha separado más de la dirección del rayo blanco y ahí está precisamente la explicación del color del cielo. La desviación es máxima para los rayos de longitud de onda corta (violeta y azul) y mínima para los de longitud de onda larga (amarillos y rojos), que casi no son desviados.

Los rayos violetas y azules, una vez desviados, chocan con otras partículas de aire y nuevamente varían su trayectoria, y así sucesivamente: realizan, pues, una danza en zigzag en el seno del aire antes de alcanzar el suelo terrestre. Cuando, al fin, llegan a nuestros ojos, no parecen venir directamente del Sol, sino que nos llegan de todas las regiones del cielo, como en forma de fina lluvia. De ahí que el cielo nos parezca azul, mientras el Sol aparece de color amarillo, pues los rayos amarillos y rojos son poco desviados y van casi directamente en línea recta desde el Sol hasta nuestros ojos.

Rigurosamente hablando, la explicación es más compleja. La luz es una onda electromagnética y las piezas fundamentales de la materia en su estado más frecuente en la Tierra, son los átomos. Si las partículas existentes en la atmósfera tienen un tamaño igual o inferior al de la longitud de onda de la luz incidente (átomos aislados o pequeñas moléculas), la onda cede parte de su energía a la corteza atómica que comienza a oscilar, de manera que un primer efecto de la interacción de la luz con las partículas pequeñas del aire es que la radiación incidente se debilita al ceder parte de su energía; es lo que le sucede a la luz del Sol cuando atraviesa la atmósfera. Evidentemente esta energía no se queda almacenada en el aire, pues cualquier átomo o partícula pequeña cuya corteza se agita acaba radiando toda su energía en forma de onda electromagnética al entorno en cualquier dirección. El proceso completo de cesión y remisión de energía por *partículas de tamaño atómico* se denomina *difusión de RALEIGH* (en honor del físico inglés Lord Raleigh que fue el primero en darle explicación), siendo la intensidad de la luz difundida inversamente proporcional a la cuarta potencia de la longitud de onda. La difusión será mayor, por tanto, para las ondas más cortas: Como consecuencia de ello, llegamos a la misma conclusión la luz violeta es la más difundida y la menos, la roja. El resultado neto es que parte de la luz que nos llega desde el Sol en línea recta, al alcanzar la atmósfera, se *difunde* en todas direcciones y llena todo el cielo.



El color del cielo debería ser violeta por ser ésta la longitud de onda más corta, pero no lo es por dos razones fundamentalmente: porque la luz solar contiene más luz azul que violeta y porque el ojo humano, (que en definitiva es el que capta las imágenes -aunque el cerebro las interprete-), es más sensible a la luz azul que a la violeta.

El color azul del cielo se debe por tanto a la mayor difusión de las ondas cortas. El color del sol es amarillo-rojizo y no blanco, porque si a la luz blanca procedente del Sol -que es suma de todos los colores- se le quita el color azul, se obtiene una luz de color amarillo-roja.

La difusión producida por los gases es muy débil, sin embargo, cuando el espesor de gas es muy grande, como sucede en la atmósfera, se puede observar fácilmente la luz difundida.

El hecho de que la difusión sea mayor para las ondas más cortas es la base de la utilización de los *faros antiniebla*.

Independientemente de todas las posibilidades que se puedan presentar, puede afirmarse que, cuanto mayor sea el número de partículas que enturbian el aire, tanto perores serán las condiciones de visibilidad a través de dicho aire.

Si la niebla es "seca", debido a la presencia de humo, polvo o gotitas de agua muy pequeñas, la luz amarilla -que parte de los faros antiniebla- apenas pierde intensidad a causa de la interposición de esta niebla, de manera que resulta visible a través de ella. Si la niebla es "húmeda", los mejores faros contra ella fracasan casi del todo, ya que la niebla húmeda esta formada por gotas grandes que dispersan, casi por igual, todos los colores de la luz blanca. El mismo Sol, visto a través de esta niebla de gotas grandes, aparece desdibujado y de color blanco lechoso, mientras que observado cuando la niebla se debe a polvo fino tiene el aspecto de disco rojo, como ocurre a menudo al ponerse el astro.

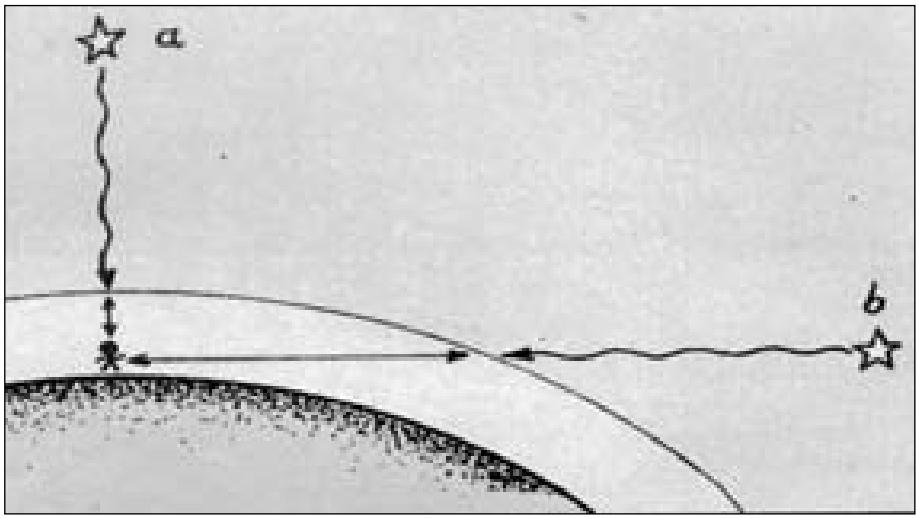
Si la luz interactúa con una partícula grande, no funciona el mecanismo de Rayleigh; ocurre un proceso mucho más sencillo: la partícula simplemente absorbe parte de la luz y la otra parte la refleja. Cada partícula se comporta como un espejo pequeñito que reflejará más o menos luz según su composición química y que alterará el color de la luz reflejada, si la partícula está formada por sustancias coloreadas. Si la luz se encuentra con una distribución de *partículas grandes*, parte de la luz se esparce y, además, puede cambiar de color. Este proceso se conoce como *difusión de Míe*, y el ejemplo más sencillo lo tenemos en las nubes, donde las gotas de agua incoloras esparcen la luz en todas las direcciones, pero sin alterar su color. (El cielo del planeta Marte es otro ejemplo de difusión de Míe, provocado por partículas coloreadas de tamaño grande; por eso no es azul, porque el tamaño de las partículas no permite la difusión de Rayleigh).

Cuando la difusión de Míe actúa de forma masiva, si las partículas difusoras no son coloreadas, el resultado es la atenuación de la luz blanca hacia grises cada vez más oscuros. Esta es la causa de que en los días muy nublados, cuando las nubes son muy gruesas, el cielo aparezca mas o menos gris, y a veces casi negro.

Las salidas y puestas de sol nos brindan a diario hermosos espectáculos, los más bellos que el aire puede ofrecer a nuestros ojos.

Si el horizonte es amplio, (como sucede en la ciudad de Badajoz), los efectos se multiplican y el espectáculo es todo un poema.

Al atardecer, el camino que la luz solar recorre dentro de la atmósfera es más largo y los rebotes sucesivos en unas partículas y otras hacen crecer la probabilidad de que la luz acabe chocando con una partícula absorbente y desaparezca, de manera que incluso la parte amarilla es afectada y difundida y sólo los rayos rojos, los más direccionales, siguen un caminio casi rectilíneo. De ahí el color del sol naciente.



Los colores que nos ofrece el cielo en estos casos se originan también gracias a la intervención de las moléculas existentes en el aire y de las partículas que éste tiene en suspensión, "*el aerosol atmosférico*", que dispersan y desdoblan la luz solar de múltiples modos.

Ya antes de que el Sol se hunda en el horizonte, vemos como el colorido del cielo se vuelve más intenso, más saturado. Mientras la luz que aparece en los alrededores del disco solar vira hacia el amarillo-rojizo y en el horizonte resulta verdeamarillenta, el azul del cielo se vuelve más intenso en el cenit.

Cuando el Sol se halla a una distancia angular del horizonte de 1 o 2º, la luz crepuscular derrama sobre el borde del cielo su mágica luminosidad. Poco a poco, el resplandor amarillo se transforma en una luz rojoanaranjada, y, finalmente, en una luminosidad centelleante color fuego, que, algunas veces, llega a presentar el rojo color de la sangre. Cuando ya el astro diurno ha desaparecido bajo el horizonte, se observa en el oeste del cielo un resplandor purpúreo, que alcanza su máxima intensidad cuando el Sol ha descendido unos 5º por debajo del horizonte. Encima del lugar en donde se ha puesto el Sol, separado del horizonte por una estrecha franja rojoparda, suele verse un semicírculo cuyo color varía entre el púrpura y el rosa. Esta coloración se debe en esencia a la refracción de la luz solar en las partículas que enturbian el aire situado entre los 10 y los 20 km de altura, y desaparece cuando ya el Sol ha llegado a los 7º por debajo del horizonte.

Cuando existe una cantidad anormalmente elevada de aerosoles (polvo atmosférico), la luz del amanecer y del atardecer es especialmente roja. Sucede generalmente cuando existen presiones atmosféricas elevadas (anticiclón) ya que la concentración de partículas de polvo en el aire es mayor a altas presiones. Los colores rojos intensísimos que solemos contemplar aquí en Extremadura, por el mes de octubre y en algunas ocasiones esporádicas, pueden ser debidos al aumento de aerosoles por la quema de los barbechos de las cosechas.

Si la tierra no tuviera atmósfera, la luz solar alcanzaría nuestros ojos directamente desde el disco solar y no recibiríamos luz difundida y el cielo aparecería tan negro como por la noche (los astronautas pueden observar durante el día las estrellas, la luna y los planetas debido a que están fuera de la atmósfera).

En casos excepcionales pueden aparecer coloraciones especiales, debido a la contribución de los volcanes en actividad. Cuando se produjo la erupción del volcán Krakatoa (26 y 27 de agosto de 1883, -36000 muertos por la erupción-) se presenció en la Tierra un notable ejemplo de ello. La erupción lanzó a los aires un volumen de masas rocosas de la pequeña Isla de Krakatoa (situada en el Estrecho de la Sonda, entre Sumatra y Java) que se estima en unos 18 km^3. Trozos de roca del tamaño de una cabeza humana salieron despedidos hacia lo alto con velocidades iniciales de 600 a 1000 m/s, y el estruendo de la explosión se dejó oir en Rodríguez (Isla de Madagascar) a 4774 kilómetros de distancia. *El cielo permaneció oscuro durante varios días*. Las partículas más finas de ceniza volcánica expulsadas por el volcán se esparcieron hasta los 80 km de altura, fuéron arrastradas por las corrientes atmosféricas elevadas y dieron la vuelta a la Tierra por dos veces. Se produjeron en el aire fantásticos fenómenos cromáticos que continuaban aún meses después del cataclismo; entre otros, se observaron asombrosas coloraciones durante las salidas y puestas del sol y se vieron soles de todos los colores, entre ellos rojo-cobre y verde. También se vieron soles de color azul, como pueden asimismo verse en raras ocasiones en Europa, cuando en el Canadá, por ejemplo, se produce un gran incendio forestal y los vientos del Oeste arrastran hasta nuestro continente partículas de ceniza finísimas.

Debido a que al atardecer, el camino que la luz solar recorre dentro de la atmósfera es más largo, como hemos indicado anteriormente, es por lo que el Sol se ve más achatado y ancho, pues el efecto de refracción a través de la atmósfera es muy grande.

Por último, el color negro de la noche se debe a que a la atmósfera que rodea al observador, apenas llega luz y, por tanto, no se puede dar suficiente difusión.

LAS MÚLTIPLES FACETAS DE UNA CONSTANTE UNIVERSAL: h

Francisco J. Olivares del Valle
Catedrático Química Física. UEX.

En el estudio de la radiación del cuerpo negro se consideraba que la densidad de energía radiada por un colectivo de resonadores en equilibrio térmico era proporcional a una función asociada con la energía media de un oscilador cargado típico de frecuencia "v", asumiéndose como válido el "teorema de equipartición de energía". Esta hipótesis de trabajo condujo a los científicos a proponer teorías en franca contradicción con la experiencia. Así, si el teorema de equipartición de la energía fuera válido los cuerpos emitirían contínuamente energía (catástrofe ultravioleta).

Max Planck eliminó esta discrepancia postulando que un oscilador sólo puede emitir o absorber determinadas energías que son múltiplos enteros de una magnitud: "hv" (ε=nhv), donde "h" es una nueva constante universal, "v" la frecuencia del oscilador y "n" un número entero. Bajo esta premisa, se da cuenta del hecho experimental por el que la energía no se emite de forma continúa, sino sólo según unos valores discretos permitidos (es decir, según "cuantos" o "paquetes de energía"). La naturaleza discreta de "ε" no es consecuencia de la frecuencia "v", que puede tomar cualquier valor, sino de la constante de proporcionalidad "n h". Y tal propiedad no es un artificio para explicar mejor los fenómenos, sino que representa una realidad esencial de la Naturaleza.

Pero la significación profunda de la constante "h" hay que buscarla en la relación que ha obligado a introducir entre las propiedades dinámicas de los sistemas materiales acotados e individuales y su comportamiento periódico, vinculado a una naturaleza de tipo colectivo.

1. SU ALUMBRAMIENTO.

A principios de este siglo se llevaron a cabo varios intentos para formular una teoría, basada en principios generales y aplicable a todos los sistemas físicos, capaz de dar cuenta detallada de las propiedades de los cuerpos calientes, en especial del denominado "cuerpo negro" o perfecto absorbente / emisor de energía electromagnética.

En uno de estos intentos se consideró que la absorción o emisión de la radiación se produce a consecuencia del movimiento acelerado que adquieren las cargas constituyentes de las paredes del cuerpo negro. Cada una de estas cargas efectúa oscilaciones armónicas simples, con una frecuencia definida, alrededor de su posición de equilibrio. De acuerdo con la teoría electromagnética, en estas condiciones, cada carga puede absorver o emitir radiación electromagnética con una frecuencia igual a la frecuencia de oscilación. En el equilibrio térmico, la energía asociada a una frecuencia determinada debe ser proporcional a la energía promedio del oscilador cargado correspondiente, ya que el oscilador y la radiación están intercambiando energía constantemente.

Los intentos de explicar teóricamente las curvas experimentales, obtenidas en 1898 por Lummer y Pringsheim para la capacidad emisiva del cuerpo negro, pusieron de manifiesto las limitaciones de la termodinámica ordinaria, como fundamento de una justificación completamente válida; siendo necesario afrontar el problema mediante los métodos de la termodinámica estadística.

Por este procedimiento, Rayleigh y Jeans llegaron a demostrar que el poder emisivo global de un cuerpo negro, $E(v, T)$, es proporcional a una función, asociada con la *energía media de un oscilador típico* de frecuencia (color) v, para un colectivo de osciladores en equilibrio térmico: $u(v,T)$. Rayleigh y Jeans adoptaron el enfoque clásico de la termodinámica estadística, asumiendo como válido el teorema de *equipartición de la energía*, es decir, que $u(v,T)= kT$, siendo k la constante de Boltzmann y considerando que la energía promedio de un oscilador es independiente de la frecuencia.

La ecuación obtenida para $E(v,T)$, sin embargo, conducía a un absurdo y a valores en franca discrepancia con la experiencia: aunque en el límite de pequeñas frecuencias (infrarrojo), el espectro de Rayleigh y Jeans se aproxima a los resultados experimentales, cuando v es grande (ultravioleta) la energía emitida por unidad de volumen y tiempo tiende a ser infinita. El experimento, por el contrario, evidencia que tal energía

permanece siempre finita e igual a cero para frecuencias muy altas. Este comportamiento irreal para las grandes frecuencias se conoce en Física como *catástrofe ultravioleta*.

En 1900 Planck elimina la discrepancia entre la experiencia y la teoría abandonando el teorema de equipartición e introduciendo una nueva forma en la expresión de $u(v,T)$:

$$u(v,T)= \frac{hv}{e^{hv/kT} - 1}$$

Para llegar a ello, establece un postulado nuevo que se aparta claramente de los conceptos admitidos en Física clásica:

Cualquier entidad física, con una sola coordenada configuracional que efectúa oscilaciones armónicas simples, sólo puede tener una energía total, ε, *que satisface la relación*

$$\varepsilon = n \cdot hv, \qquad n= 0, 1, 2, 3,...$$

donde v es la frecuencia de la oscilación y h es un valor finito (6.545×10^{-27} *erg.seg*), *con categoría de constante universal, que representa la unidad de área o área elemental en el espacio fásico*.

En la concepción clásica, el *estado* de un sistema físico se representa por un punto, llamado *imagen*, que evoluciona en un "espacio" abstracto de $6N$ dimensiones ($3N$ coordenadas más $3N$ momentos), denominado *fásico*. Así, conociendo el estado del sistema en un instante dado y las fuerzas que operan sobre él, es posible saber la "trayectoria" que tendrá su imagen en el tiempo. Todo el problema de la mecánica clásica, se reduce a determinar la *trayectoria* de la imagen del sistema en el espacio fásico y a instrumentar la metodología necesaria para su determinación.

Una forma cómoda de abordar el problema consiste en buscar una trayectoria de la imagen que haga extrema (mínima) una cantidad denominada *integral de acción*. Se trata de una integral (suma) sobre el tiempo, a lo largo de la trayectoria, de una función llamada *hamiltoniana*, que representa a la energía total del sistema (energía cinética más energía potencial). Dado el contenido dimensional de la hamiltoniana (energía), la integral de acción tendrá las dimensiones de una energía multiplicada por una duración, es decir, una *acción:* $M\,L^2T^{-1}$.

Se puede demostrar matemáticamente que, de todas las trayectorias posibles, la que sigue efectivamente la imagen del sistema es la que hace mínima la integral de acción. Este comportamiento se conoce como *principio de Hamilton o de mínima acción* y equivale al conjunto de leyes de la mecánica clásica. Son las ecuaciones de Euler, Lagrange y Hamilton las que expresan esta equivalencia.

Para ver claramente el origen de h y la ruptura que supuso la propuesta de Planck en el contexto de la Física clásica, consideraremos brevemente algunos aspectos dinámicos de los osciladores cargados o resonadores. Supongamos que uno de ellos, de masa m y oscilando con frecuencia v, forma parte de las paredes de un cuerpo negro ideal. Su imagen describe en el espacio fásico una trayectoria en forma de elipse cuyos semiejes mayor ($a= 1/2\pi v \sqrt{2\varepsilon/m}$) y menor ($b= \sqrt{2m\varepsilon}$) permiten conocer el comportamiento energético del oscilador calculando el valor de su área: $S= \pi \cdot a \cdot b= \varepsilon/v$; es decir,

$$\varepsilon= S \,.\, v.$$

El arrojo de Planck consistió en admitir que existe un área elemental indivisible en el espacio fásico (representada por h); es decir, que el área de la figura que describe la imagen del oscilador en el espacio de las fases sólo puede tener valores que sean múltiplos enteros de h. Con ello, se llega a la expresión $\varepsilon= n \cdot hv$. Es importante señalar que la naturaleza discreta de ε aparece como consecuencia de la constante de proporcionalidad $n \cdot h$, ya que cualquier valor es posible para v. La aparición de un valor constante y no nulo h en la expresión derivada para la energía le imprime a ésta un carácter discreto, intrínsecamente dependiente de las propiedades asociadas, en *género y número*, a la propia constante h.

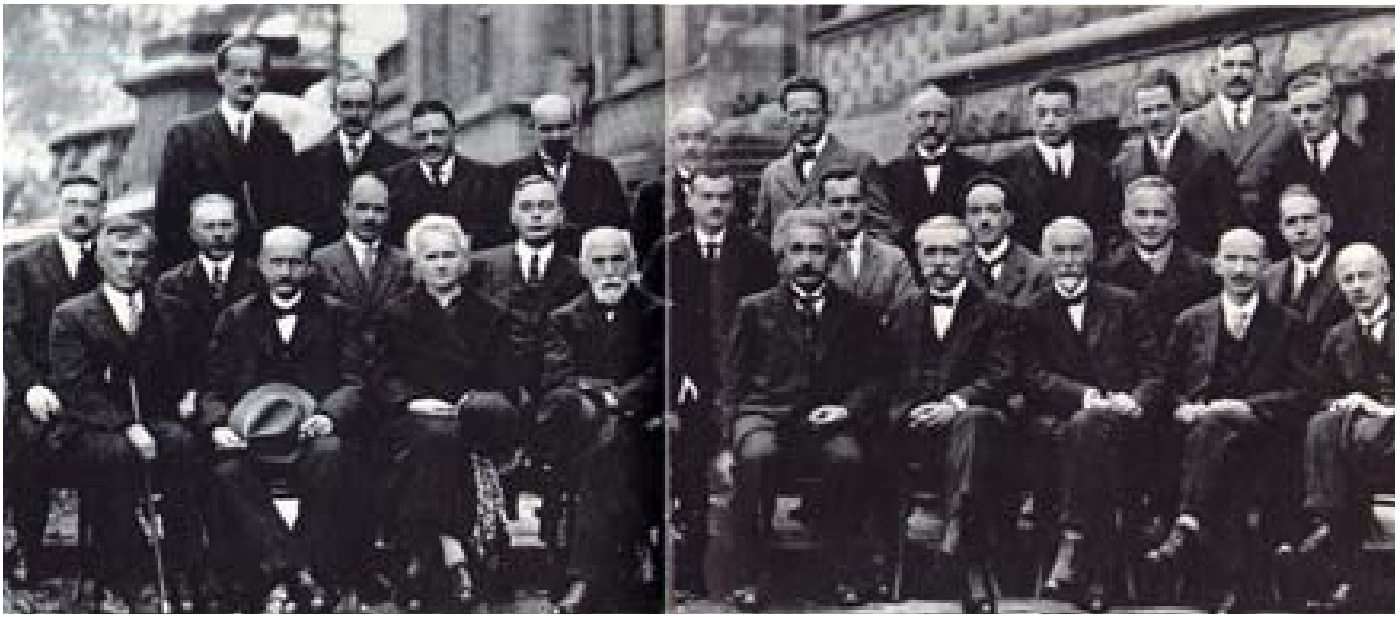
♦♦

La naturaleza discreta de ε aparece como consecuencia de la constante de proporcionalidad n.h, ya que cualquier valor es posible para v.

♦♦

2. SU NATURALEZA.

Precisamente, una de las características más notables de h es su condición de *constante universal*. En general, las magnitudes físicas aparecen en la formulación matemática de las teorías bajo la forma de *variables*, entendiéndose este término



En primera fila a la izquierda: I. Langmuir, M. Planck, M. Curie, H. A. Lorentz, A. Einstein, P. Langevin, C. E. Cruye, C. T. R. Wilson, O. W. Richardson. En segunda fila, desde la izquierda: P. Debye, M. Knudsen, W. L. Bragg, H. A. Kramers, P. A. M. Dirac, A. H. Compton, L. V. de Broglie, M. Born, N. Bohr; en pie desde la izquierda: A. Piccard, E. Henriot, P. Ehrenfest, E. Herzen, T. De Donder, E. Schrödinger, E. Verschaffelt, W. Pauli, W. Heisenberg, R. H. Fowler, L. Brillouin.

(Foto Institut Solvay).

como sinónimo de "nombre" para el *individuo genérico* perteneciente a un conjunto. Una variable es algo que varía, es decir que cambia con el tiempo, aunque pueden encontrarse casos particulares de variables invariantes con el tiempo. Así por ejemplo, *c*, valor de la velocidad de la luz en el vacío, es un valor definido como invariable para una magnitud física (la velocidad). Lo mismo ocurre con *e*, la carga del electrón. La generalidad de *c* y *e* (siempre presentan el mismo valor, sea cual sea la teoría en la que puedan implicarse) es lo que nos hace decir que son constantes *universales*.

Existen sin embargo, otras magnitudes con argumento físico que son constantes en virtud de su *especificidad*, como, por ejemplo, el llamado calor específico, la resistividad específica, el peso específico, etc., pero su constancia se limita a ciertos sistemas materiales constituidos por objetos que tienen una característica físicamente determinable. Así, por ejemplo, el peso específico -peso por unidad de volumen- no es una constante universal porque varía de unas sustancias a otras, si bien es constante para volúmenes unidad de una misma sustancia.

Al contrario de lo que ocurre con *c* y *e*, que por representar valores particulares de magnitudes físicas genéricas están provistas de una precisa referencia física, existen otras constantes universales que no tienen referencia física en sentido propio, pero que pueden llamarse "constantes físicas" debido a que aparecen integradas en fórmulas físicas, desempeñando el papel de *constantes de proporcionalidad*. La constante *h* de Planck es un ejemplo de esta clase de constantes universales, ya que no puede ser vinculada a un "valor concreto *h* de una cierta magnitud" que aparece referida a un sistema perfectamente preciso de sistema material. El significado físico de *h* es circunstancial y se concreta por su aparición en las fórmulas de la Física. Aunque esto suponga una significación contextual, el valor numérico asignado a *h* va siempre acompañado de su determinación dimensional, lo cual implica una relación directa e implícita con ciertas magnitudes físicas. Así, por ejemplo, se dice que la constante de Planck vale $h = 6{,}545.10^{-27}$ ergios x segundo, con lo

$$H\Psi = E\Psi$$

cual se concreta que la misma tiene la dimensión de una *acción*, pero con ello no se quiere decir que tal *acción* esté asociada a una determinada clase de partícula o entidad física, como ocurre en el caso de la constante *c*, por ejemplo, que designa la *velocidad de la luz*.

3. SU MAGNITUD.

El valor numérico de *h* es extraordinariamente pequeño:

h= 0,00000000000000000000000000006545

El hecho de que esta ínfima constante haya originado convulsiones tan importantes en la Física ilustra claramente la audacia de la idea de Planck. Estableciendo una comparación grosera podríamos decir que la relación entre *h* y el número 1 es, aproximadamente, equivalente a la que existe entre la masa de un grano de arena y el planeta Tierra. Los saltos en los intercambios energéticos son, pues, sumamente minúsculos. A nuestra escala, el átomo de *acción h*, a pesar de su omnipresencia, nos parece inexistente. Los fenómenos que observamos en nuestro mundo macroscópico ponen siempre en juego una enorme cantidad de cuantos. Todo ocurre como si los cambios energéticos se hicieran de una manera continua, respetándose las previsiones de la Física clásica. Debido al pequeño valor de *h* los acontecimientos individuales, con su aspecto discontinuo, cuántico, desaparecen, enmascarándose en el aspecto continuo del fenómeno global, estadístico, el único accesible a nuestros sentidos.

Tal situación desaparece y la continuidad se quiebra cuando tratamos de estudiar sistemas y fenómenos microscópicos, en donde *h* alcanza un valor significativo en su magnitud relativa. La trascendencia del pequeño valor de *h* nos ha conducido a la adopción de una estrategia nueva para el estudio de la realidad: puesto que la discontinuidad que reina en la escala inferior no puede ser explicada ni descrita por la continuidad observada en nuestra escala macroscópica, tenemos que operar en forma inversa, explicando el Universo en base a la discontinuidad, al cuanto elemental *h*.

Todo cambiaría si la velocidad *c* fuera mucho mayor y *h* mucho más pequeña. Las leyes de la naturaleza se volverían más simples, obedecerían perfectamente a las ecuaciones de Newton y de Laplace, y se acomodarían idealmente a las teorías de Fresnel y de Maxwell. Con una velocidad luminosa que tendiera a un valor infinito, la distancia y la duración serían invariantes con el referencial; el espacio y el tiempo se convertirían en absolutos, y el reloj universal de Newton, indicando un tiempo valedero para todos los puntos del cosmos, sería una realidad. Si el valor *h* fuera más pequeño, tendiendo a cero, la repartición de la energía se realizaría de un modo continuo y la luz se propagaría en forma de ondas. Además, las partículas elementales tendrían en cada instante un lugar y una velocidad exactamente determinados.

4. SU GÉNERO.

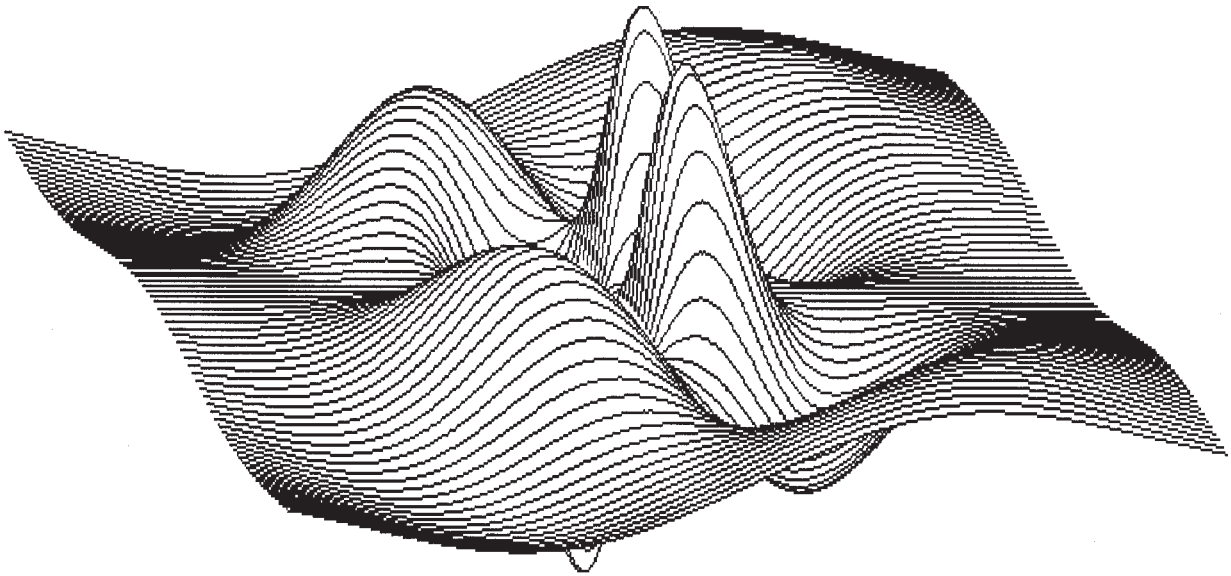
No es la pequeñez lo que confiere a *h* su carácter excepcional, sino su estructura íntima, su dimensión física: *energía* (ergios) multiplicada por *tiempo* (segundos). Estas dimensiones corresponden a una magnitud llamada *acción*, que no es muy usual en la Física clásica pues no existe una ley de conservación de la *acción* análoga a la ley de conservación de la energía o de la cantidad de movimiento, por ejemplo. Sin embargo, la *acción* tiene una propiedad particularmente interesante que comparte, entre otras cosas, con la entropía: una *acción constante* es siempre absolutamente constante para cualquier observador, en el espacio y en el tiempo. Esto se traduce en que *h* es un *invariante* tetradimensional cuya pertinencia y significado pleno sólo puede encontrarse al considerarla en el continuo espacio-tiempo.

♦♦

El significado físico de h es circunstancial, el valor numérico asignado va siempre acompañado de su determinación dimensional

♦♦

En este sentido y de acuerdo con la teoría de la Relatividad, un suceso físico hay que considerarlo tanto en el espacio como en el tiempo; el comportamiento de ambas dimensiones dependerá de la velocidad del sistema y resulta relativo; solamente su unión es real, absoluta. Así, casi todas las magnitudes fundamentales de la vieja Física son secciones tridimensionales de la realidad y, por ello, distintas para diferentes referenciales. Observadores que se muevan por el espacio a dife-



rentes velocidades obtienen diferentes visiones de las cosas y, por ejemplo, estarán en desacuerdo en la longitud de un lápiz que midan al pasar. Pero el lápiz puede concebirse como un ente tetradimensional y, en su movimiento a través del tiempo, dibuja una superficie tetradimensional, un hiper-rectángulo, cuya altura es la longitud del lápiz y su anchura es igual al tiempo transcurrido. El área de dicho rectángulo se mide en unidades de *longitud* x *tiempo*, y este área resulta ser la misma para todos los observadores que la midan, incluso aunque ellos discrepen en cuanto a la longitud y al tiempo que están midiendo.

Esta es la cualidad más trascendente de *h*: se trata de una constante universal, propia del mundo espacio-temporal. Por ser una unidad constante de *acción* es un equivalente tetradimensional de la energía, y resulta ser la misma para todos los observadores, aún cuando éstos no estén de acuerdo en la cantidad de energía y tiempo que componen tal *acción*. En la Relatividad especial, existe una ley de conservación de la *acción* de igual importancia que la ley de conservación de la energía.

♦♦

Todo cambiaría si la velocidad c fuera mucho mayor y h mucho más pequeña. Las leyes de la naturaleza se volverían más simples.

♦♦

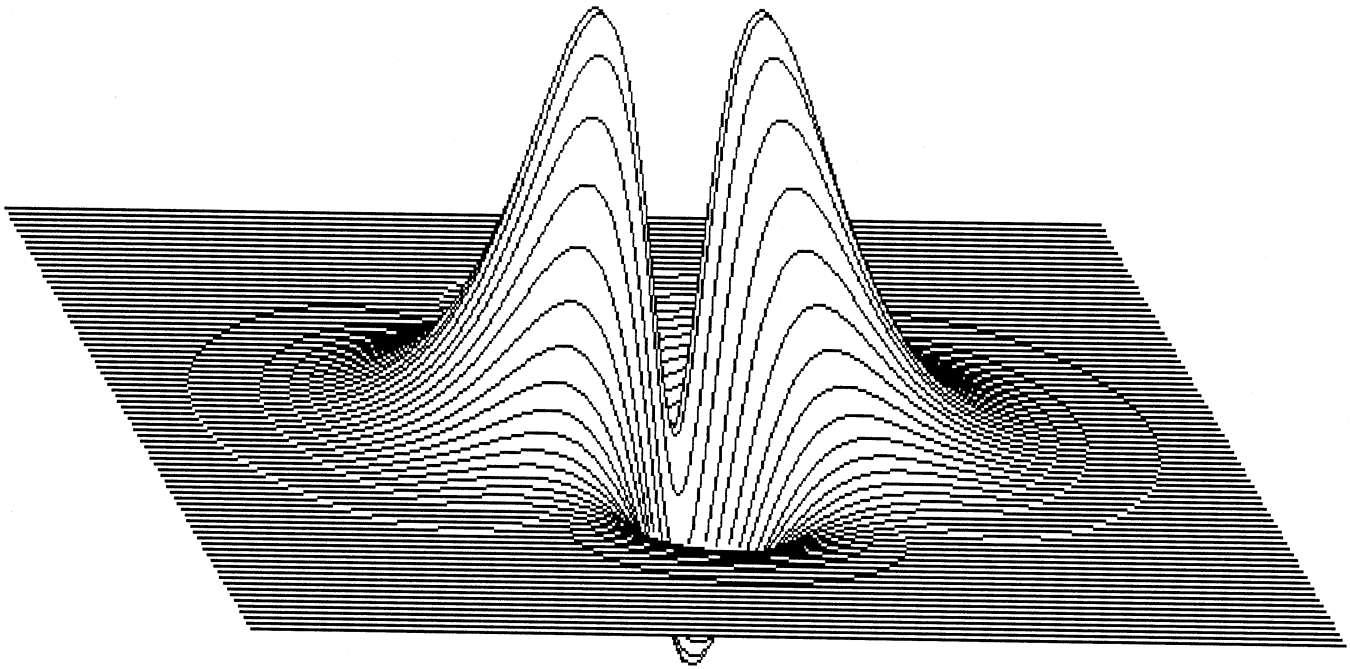
5. SU FUNCIÓN Y TRASCENDENCIA.

A causa de la naturaleza extraña de *h*, su necesaria presencia en la formulación de la Física clásica conduce a conclusiones e interpretaciones que rayan en la paradoja y la contradicción.

Podría decirse que una de las implicaciones más desconcertantes que introduce *h* es la de servir de vínculo insólito con el que se identifican propiedades asociadas a *entidades individuales* y propiedades exclusivas de *colectivos*. Un caso típico de esto es la expresión de De Broglie para los electrones o, en general, cualesquiera otra partícula elemental con masa:

$$h = \lambda \cdot p,$$

en donde *h* aparece como nexo entre una propiedad, λ , que sólo tiene significado en la descripción de una *onda* que se



propaga en un medio material (constituido por muchas partículas) y otra, *p* o *cantidad de movimiento*, que es local y típica de las partículas individuales. Así, según la expresión anterior, λ y *p* adquieren una condición de *complementariedad* tal que, para un sistema físico material, en todo momento, el producto de ambas se mantiene constante e igual a *h*; de tal forma que, cuando el *carácter corpuscular* aumenta, disminuye el *carácter ondulatorio*, en la medida en la que su producto se mantiene constante e igual a *h*. Nuevamente vemos la trascendencia que tiene el que *h* no sea igual a cero.

En correspondencia con lo anterior, para las partículas elementales portadoras de masa, podríamos construir una expresión equivalente para fenómenos tradicionalmente considerados con naturaleza ondulatoria, como la luz o radiación electromagnética.

♦♦

La discontinuidad que reina en la escala inferior no puede ser explicada ni descrita por la continuidad observada en nuestra escala macroscópica, tenemos que operar en forma inversa

♦♦

La dificultad en la interpretación surge cuando intentamos asociar el *concepto onda* (fenómeno distribuido de propagación de energía, no de masa, limitado por condiciones de contorno y con comportamiento periódico) al *concepto de partícula* (entidad local, homogénea e isótropa, que se resiste al cambio de movimiento y que puede interaccionar con sus análogas de forma atractiva o repulsiva). En el primer caso, la energía se propaga tridimensionalmente desde el foco emisor o fuente de la perturbación y, en el segundo, la energía propia (masa y potencial) y actual (cinética) se propagan de forma localizada según una dirección determinada.

6. SU CAUSA ESENCIAL

La causa de lo anterior proviene del hecho de que *h* crea una insoluble interdependencia entre el espacio-tiempo y los procesos dinámicos que se desarrollan en ellos. Esta conexión aparece impuesta a consecuencia de las dimensiones de *h*, en donde se asocian siempre un par de magnitudes de diferente naturaleza: la una de carácter geométrico, la otra de carácter dinámico; la una define la configuración espacial, la otra el estado del movimiento del sistema. El acoplamiento de estas dos categorías de magnitudes, reunidas inseparablemente en *h*, entraña la imposibilidad de determinar a la vez posición y velocidad de una partícula en el espacio y en el tiempo. Esta fatal vinculación entre el estado dinámico de un corpúsculo y el marco espacio-temporal donde el corpúsculo evoluciona, se presenta como inevitable ley de la naturaleza, insospechada antes del descubrimiento de *h*.

En la mecánica clásica, la "densidad" de materia equivale a la masa dividida por el volumen. Es decir, si se sabe la densidad de una pequeña parte, se puede descubrir la cantidad total de materia, multiplicando la densidad por el volumen que ocupa la pequeña parte. En la mecánica relativista, donde siempre se sustituye espacio por espacio-tiempo, una determinada "región" ya no debe tomarse como un simple volumen, sino como volumen que dura un tiempo. Una pequeña parte será un pequeño volumen que dura un tiempo pequeño. La consecuencia es que, dada la densidad, una pequeña región en el nuevo sentido contiene no una pequeña masa simplemente, sino una pequeña masa (energía) multiplicada por un pequeño tiempo; es decir, una pequeña cantidad de *acción*.

♦♦

La nueva fisonomía de la acción como producto de la masa por el tiempo nos lleva inmediatamente al significado profundo de aquella magnitud

♦♦

La nueva fisonomía de la *acción* como producto de la masa por el tiempo nos lleva inmediatamente al significado profundo de aquella magnitud: la *acción* está íntimamente ligada, representa, a la *curvatura* del universo y *h* es su unidad elemental. No es posible dar una representación en forma de imagen para esta afirmación, dado que nuestra noción de curvatura deriva de la que presenta una superficie bidimensional en un espacio tridimensional, y esto da una idea bastante limitada acerca de la posible forma de una superficie de cuatro dimensiones en un espacio de cinco o más dimensiones. En dos dimensiones hay sólo una curvatura total, y si ésta se anula, la superficie se vuelve plana o al menos puede ser desarrollada en un plano. En cuatro dimensiones hay varios coeficientes de curvatura. Estos coeficientes vienen expresados en la teoría de la Relatividad General mediante un tensor **G**, que representa a la *curvatura* espacio-temporal por excelencia y es un invariante. Si **G** fuera igual a cero, la curvatura se anularía y el espacio-tiempo sería plano, aún conteniendo masa. No ocurre esto en la realidad, pues en un campo gravitacional material el espacio-tiempo no es plano. Donde existe materia, existe *acción* y, por consiguiente, curvatura.

7. SUS CONSECUENCIAS.

La *acción* (o lo que es lo mismo, *n* . *h*) es una de las dos magnitudes de la Física prerelativista que sobreviven sin modificaciones en una descripción del universo absoluto. La otra magnitud es la *entropía*. Ambas forman parte de dos grandes generalizaciones interdependientes: el principio de mínima acción y la segunda ley de la termodinámica o principio de máxima entropía (probabilidad). Esta es la significación última de la teoría de Weyl: la constante *h* es una fracción pequeñísima de una unidad universal, de naturaleza absoluta, que puede representar la probabilidad de cualquier cosa, o una función de tal probabilidad. De hecho, la *acción* puede identificarse con el logaritmo, cambiado de signo, de la probabilidad estadística de un estado en el universo existente, lo cual no es más que el reflejo de la identidad entre el principio de mínima *acción* y el de máxima probabilidad.

Finalmente, mencionar un aspecto relacionado con la complementariedad de las propiedades que, como individualidad y colectivo, presentan los objetos materiales. Se trata del carácter dual con el que se manifiestan las partículas elementales, cuyo comportamiento colectivo está vinculado íntimamente con la curvatura del continuo materia-espacio-tiempo y materializado, formalmente, en términos de una estadística, no clásica, de composición de probabilidades

ENTRE CIENCIA Y ASTRONOMÍA

José Pedro García Martín
Catedrático Física y Química. I.E.S. Zurbarán.

La revolución copérnica no surgió del vacío. Si Copérnico pudo proponer un sistema del mundo alternativo al de Ptolomeo, fue porque en la astronomía griega la hipótesis heliocéntrica, fundada en presupuestos de la metafísica pitagórica, ya había sido formulada en sus líneas generales. Y la astronomía griega tampoco surgió de la nada: los babilonios, los egipcios, ya habían escudriñado atentamente el cielo y suministraron a los astrónomos griegos un banco de observaciones importantes sobre el que construir sus propuestas.

Las nuevas puertas que hoy se abren a la astronomía con las investigaciones radioastronómicas, han sido posibles porque ya en unos orígenes que se remontan a más de 90 millones de años a. de C. el hombre observaba el cielo y lo reproducía en lo que hoy son restos arqueológicos. El primer ser racional que miró al cielo y se extrañó, buscando una explicación que aplacara su inquietud ante la inmensidad de la bóveda celeste, está presente en los espectaculares avances de la astrofísica actual.

"Al principio creó Dios los Cielos y la Tierra" Gen. I.1

La historia de la ciencia, la del pensamiento, es nuestra propia historia. ¿Cómo ha contribuido a ella la Astronomía? Desde siempre, ésta ha poseído un atractivo especial, ocupa a un número no pequeño de especialistas y nos cautiva al resto de mortales, que seguimos asomándonos a esos oscuros abismos de incertidumbre que ante nosotros se despliegan, sin nuestra intervención, que nos asustan por sus números, que difícilmente caben en impresionantes potencias de diez; intrigados por esos miles de puntos nocturnos, luciérnagas misteriosas, al parecer otros mundos como el nuestro. Pero, ¿qué secretos nos esconden?, ¿cómo cuentan nuestra historia?.

En nuestra cultura occidental tenemos inevitablemente que mirar a los griegos, ellos evolucionaron, en sus concepciones cosmológicas, desde los primitivos mitos hasta creer en la existencia de ciertas leyes organizadoras del universo. Si bien la metodología empleada en ese progreso vendrá condicionada por una serie de ideas y principios que al tiempo que progresan en el terreno de lo especulativo, lo limitan en el de lo natural.

Se pondrán de manifiesto dos metodologías de exploración del mundo, y el deseo de saber se repartirá entre la Filosofía Moral y la Filosofía Natural. La historia del pensamiento y la de la Astronomía aparecerán permanentemente entremezcladas. La gran influencia del desarrollo de la geometría axiomática, personificada en Euclides (quien de algún modo recoge, sintetiza y estructura la geometría de su época), va a inducir la prevalencia de un método sobre el otro. El método deductivo será considerado como el único modo "respetable" de explicación del mundo en esa permanente búsqueda de la verdad, la belleza y la perfección. La experimentación como método de acercamiento al mundo natural, y con ella la metodología inductiva, deberá esperar todavía muchos siglos para abrirse camino entre los pensadores; demasiados rasgos de imperfección como para considerarla válida, alternativa a la deductiva.

La obsesión en la búsqueda de axiomas matemáticos, -Tales, Pitágoras, Euclides...- y la validez probada de sus generalizaciones, será proyectada hacia la filosofía natural y así nacerán para la Tierra y el Universo ese conjunto axiomático de círculos y esferas. La filosofía moral (que podría personificarse en Platón) analizando conceptos como justicia o virtud, va a enfrentarse a la filosofía natural (que podríamos personar en Aristóteles) analizando caída de graves, o movimientos estelares. En esta confrontación de saberes saldrá inicialmente victoriosa la primera.

Pero las "verdades oficiales" ¿serán las auténticas, las únicas? Ciertamente, no. Al tiempo de los unos, otros pensadores irán dejando en el camino huellas de un pensamiento más heterodoxo. La lucha por "la verdad" vendrá asociada, también, a la existencia de personajes de la historia que ejemplifican en su vida, y en sus ideas, lo de revolucionario que tiene el pensamiento. Ir "contra corriente" supondrá desechar moldes, enfrentarse a lo establecido,

luchar contra la represión intelectual, no menos reprobable que las otras, muchos tendrán que batallar para hacer valer sus ideas y esa parte de la historia del conocimiento, de la Astronomía, estará sembrada de sinsabores, condenas (Anaxágoras) o muertes (Bruno), persecuciones (Kepler) o juicios (Galileo), entre otros.

Al final, entre todos consiguieron ampliar nuestro conocimiento, ajustar nuestra visión del mundo y de la posición que ocupamos en él. Ahora, gracias a los "oficiales" y a los "heterodoxos", y yo me atrevería a poner acento en estos últimos, somos capaces de ver muy atrás, así como de prever lo que sucederá muy adelante. No estaría demás hacer un brevísimo recorrido por esta larga historia.

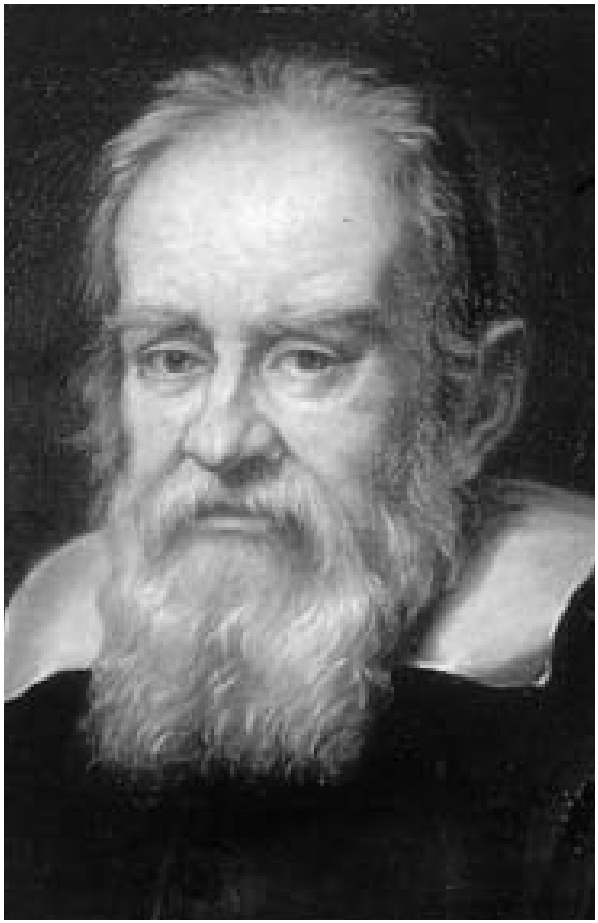
En los orígenes...

¿De qué fuentes ha bebido el hombre, que desde su más tierna infancia como Humanidad ha podido desarrollar habilidades capaces de explorar el Universo, primero con su pensamiento y luego con los instrumentos y vehículos por el mismo construidos? Difícil imaginar el origen de la inteligencia, pero algunos de sus "chispazos", conducidos por la curiosidad, otra de las manifestaciones de aquella, debió orientarse hacia la supervivencia, entendida no solamente como conservación de la especie.

Percibir la existencia de regularidades y la influencia de éstas sobre su entorno iría abriendo el camino de preguntas y respuestas sobre la Naturaleza; ¿qué serán esas bolas de fuego que vemos moverse repetidamente por el firmamento, caliente una, fría la otra? ¿quién las mueve?. El nacimiento de los mitos estaba produciéndose; las analogías irían surgiendo y con ellas el rayo sería visto como la rigurosa lanza de Zeus, enviada por el dios enfurecido contra los mortales, o el trueno como el impresionante martillo de Thor; armas sobrenaturales manejadas por seres sobrenaturales. El mito surgiría como primer mecanismo de explicación y conocimiento, tal y como nos cuentan algunos:

"Al principio el Universo no existía, llegó a existir" (tradición hindú de los Upanishad)

"No había ninguna mansión sagrada, ninguna mansión de los dioses había sido erigida. Ningún junco había brotado, ningún árbol había sido plantado... Eridú no estaba todavía construido; la sede de la mansión santa, la mansión de los dioses, no había sido erigida. Toda la Tierra era mar" (texto babilonio).



Todavía hoy sobrecogen algunos mitos vivos, de culturas indígenas, como los de alguna tribu amazónica: *"...los machiguengas todavía no comenzábamos a andar. La luna vivía entre nosotros, casado con una machiguenga. Insaciable, sólo quería estar encima de ella. La preñó y nació el sol. Kashiri se la montaba más y más. El seripagiri le advirtió <<Un daño ocurrirá en este mundo y en los de arriba si sigues así. Déjala descansar a tu mujer, no seas tan hambriento>>. Kashiri no le hizo caso pero los machiguengas se asustaron pues el sol perdería su luz, tal vez. La tierra se quedaría a oscuras, fría; la vida iría desapareciendo, quizás. Y así fue... la luna, envidioso de su hijo, detestaba el sol. Tasurinchi sopló, siguió soplando. No mató a Kashiri, pero lo apagó, dejándolo con la luz débil que ahora tiene..."* (relato machiguenga).

Con el mito se inicia la interpretación del mundo y la reconciliación con los dioses, apaciguables con ritos y ceremonias. Pero poco a poco el pensamiento del hombre va a ir rompiendo ese "cordón umbilical" que le une con los dioses y mediante

su inteligencia, al tiempo que busca la seguridad que le dan sus concepciones mágicas o religiosas, va a iniciar una búsqueda de explicaciones más "racionales" del universo en el que vive.

Egipcios y babilonios...

Ellos inician nuevos métodos de exploración del mundo, la observación sistemática, la construcción y uso de instrumentos, etapas estas insustituibles de un método que pretende acercar el conocimiento a la realidad.

Restos arqueológicos que se remontan al siglo 90 a. de C. nos relacionan la astronomía caldea con la agricultura y la ganadería, lo que impondría la elaboración de buenos calendarios, obtenidos a partir de rigurosas observaciones efectuadas desde los primeros observatorios astronómicos -los zigurats-. A los babilonios debemos la concepción del zodíaco, la observación de la presencia de los planetas, y midiendo la periodicidad de los eclipses, obtuvieron el "saros", ese período de 18 años y 11 días de los eclipses solares.

Entre mitos y realidades propusieron uno de los primeros modelos acerca de la estructura del universo: *"La tierra, en forma de disco plano, flotaría sobre una inmensa bolsa de agua, aguas inferiores, protegida por un firmamento de bronce, del que estarían colgando las estrellas, por encima del firmamento se encontrarían las aguas superiores. Una intervención sobrenatural habría separado la tierra del agua"* ¿Podríamos calificar a los babilonios como los primeros defensores de la astronomía científica?.

Los egipcios, por su parte, fuertemente dependientes de una economía agraria, harían aportaciones importantes en la construcción de instrumentos, en observaciones astronómicas y en la confección de mejores calendarios. Hacía el siglo 25 a de C. ya habían establecido un año de 365 días, con doce meses iguales de 30 días, a los que sumaban 5 días extras y que comenzaban a contar desde el solsticio de verano.

♦♦

Los egipcios, hacia el siglo 25 a de C. ya habían establecido un año de 365 días, con doce meses iguales de 30 días, a los que sumaban 5 días extras y que comenzaban a contar desde el solsticio de verano

♦♦

En Grecia... y Alejandría

En las aguas del mar Jónico va fraguándose el origen del pensamiento filosófico de nuestra civilización y en ese atrevimiento de interpretar por sí mismos la realidad observable participaron muchos, partiendo casi siempre de las concepciones astronómicas previas. Entre ellos:

Tales (S. 7-6 a. de C.) Sabedor y transmisor del conocimiento babilónico a la civilización griega. Conocedor del "saros", predijo el famoso eclipse de sol del 585 a. de C. Según su visión cosmológica: *"En el origen de todo está el agua, de ella se separarían el aire, la tierra y los seres vivos. El Universo sería la tierra, plana como un disco flotando sobre el agua y con el cielo (agua evaporada) a su alrededor. La tierra y el agua estarían apoyadas en un pedestal, este sobre otro y así interminablemente"*.

Tales había introducido por primera vez el concepto de universo sin la necesidad de un creador.

Anaximandro (S. 6 a. de C.): Introdujo el gnomon en Jonia con el que habría podido deducir la oblicuidad de la eclíptica. Según su modelo geocéntrico: la tierra se encontraría suspendida en el centro del cielo a igual distancia del resto. Su forma sería la de una columna de altura igual a un tercio de su anchura. En ella los hombre ocuparían la mitad superior. Este modelo geocéntrico perviviría unos 23 siglos y en él cristalizaría la primera y más importante de las contradicciones entre el "sentido común" y el sentido científico.

Pitágoras (S. 6 a. de C.): Potenció la matemática y encontró la *"armonía asociada a números enteros o racionales"*. *Según su visión del mundo "los astros al girar en torno a la Tierra describen órbitas circulares sobre esferas concéntricas. Las longitudes de esas circunferencias estarían relacionadas entre sí como las cuerdas de una lira"*.

Por primera vez se introducen las matemáticas en la descripción del mundo físico. El orden cósmico queda expresado mediante números y relaciones entre ellos.

Anaxágoras (S. 5 a. de C.): En sus observaciones de la Luna llegó a apuntar que esta tenía valles, planicies y montañas como la propia Tierra, que la parte iluminada siempre está enfrentada al Sol y que

es fría y su luz producto del reflejo de la solar. Explicó por primera vez las fases lunares, asignándoselas a los cambios de posición de la Luna respecto de la Tierra y el Sol. Propuso la primera "hipótesis astronómica" del origen del universo, según la cual "*los cuerpos celestiales provendrían de la condensación de una materia caótica en remolino*". En su opinión, en el Universo habría otros mundos habitados por seres inteligentes.

No reconociendo la naturaleza divina del universo ni aceptando su creación, fue encarcelado, juzgado y condenado a muerte. Finalmente su amigo Pericles lo salvaría con el destierro. Surgía así un conflicto permanente entre el dogma y la razón.

Filolao (S. 4 a. de C.): De origen filosófico pitagórico y expatriado, es el primero en concebir la existencia de una influencia central sobre el conjunto del universo: *"Allí se encontraría el "Fuego Central", núcleo del universo, morada de los dioses y fuente de toda actividad cósmica. A su alrededor girarían la anti-Tierra, la Tierra, la Luna, el Sol, los cinco planetas conocidos y una esfera fija con las estrellas"*. Modelo que implica como principal aportación el abandono del geocentrismo.

Platón (S. 5-4 a. de C.): Eligiendo entre la percepción del mundo a través de las ideas o de los sentidos opta por lo primero. Opta por la especulación frente a la experimentación. Dios, ser perfecto, crea un mundo asimismo perfecto. Parte del dogma del círculo y la esfera (formas perfectas): *"Dios creó el universo esférico, liso, plano y en todas partes equidistante del centro, compuesto de cuerpos perfectos en continuo movimiento de rotación uniforme"*. El axioma de la perfección necesaria se impuso.

Tablilla Astrológica Babilónica

Aristóteles (S. 4 a. de C.): Coloca a Dios como primer motor inmóvil originador del movimiento del mundo y propone la existencia de dos mundos. El de abajo, sublunar, representando lo imperfecto y perecedero, con cuatro elementos y cuatro cualidades, y el de arriba, referente a lo perfecto e inmutable, con un elemento que lo impregna todo, el éter o "quintaesencia". En este modelo, el movimiento de los astros superiores se comunicarían entre sí y a los inferiores a través del éter, deformando estos caminos, por lo que necesitó introducir hasta 56 esferas.

Queda por tanto un complejo modelo necesitado de una permanente intervención divina exterior y con ello pervivirá, durante casi 21 siglos, la idea de una causa exterior necesaria para la existencia del movimiento.

Eratóstenes (S. 3 a. de C.): La idea de la esfericidad de la Tierra se había ido imponiendo, sería él quien mediría por primera vez el tamaño de la esfera terrestre, realizando la famosa experiencia de las sombras proyectadas simultáneamente en Alejandría y en Siena. Obtendría un arco de separación entre estas ciudades de 7º 12' (1/50 de circunferencia), que unido a una distancia de unos 800 km, le permitió obtener un diámetro total de unos 40.000 km (circunferencia media 40.087 km). Mediría también la inclinación de la eclíptica, determinando para ésta un valor de 23º

♦♦

Los griegos, evolucionaron, en sus concepciones cosmológicas, desde los primitivos mitos hasta creer en la existencia de ciertas leyes organizadoras del universo

♦♦

51' (valor muy próximo a la del momento; hoy es de 23º 26').

Propuso la adopción del calendario de 365 días por año y uno extra cada cuatro (bisiesto), que sería adoptado y conocido como "Juliano". En el actual, el "gregoriano", además de lo anterior se quitan tres bisiestos cada cuatrocientos años.

Aristarco (S. 3 a. de C.): En su época no se conocían ni tamaños ni distancias de los objetos celestes más destacados. Fue el primero en determinarlas, comprendiendo el efecto de la perspectiva en el tamaño aparente de los mismos. Encontró una distancia angular TS-TL de 87ºde donde dedujo que la proporción de distancias TS/TL era de 20/1, relativamente alejada de la real (alrededor de 500/1, valor aquel condicionado por el error en la medida de la distancia angular señalada). También, a partir de estos valores y de los tamaños aparentes de Sol y Luna dedujo la proporción entre el tamaño de estos. De otra parte calculó el tamaño del Sol para el que encontró un valor 7 veces mayor que el de la Tierra (el real es de 109 veces mayor).

Aristarco, uno de los más osados astrónomos griegos, a partir de sus medidas, llegó a considerar la imposibilidad de que un cuerpo pequeño gire alrededor de uno mayor, proponiendo que *"La Tierra debe girar alrededor del Sol, inmóvil en el centro del universo"*. Fueron ideas rechazadas y fuertemente contestadas. El conocimiento científico frente al sentido común y este asociado a la observación pura y simple, al mito, a la religión, a la política, al poder.

Más adelante...

Conservada, y transmitida por los árabes, las figuras de Aristóteles y Ptolomeo serán redescubiertas al final de la época medieval. Tomás de Aquino, S. XIII, aplicará la lógica y razón de Aristóteles a su Teología y a lo largo del renacimiento se trasladarán los intereses intelectuales desde la Teología a las Humanidades y surgirán nuevas visiones de la Filosofía Natural.

La revolución copernicana del siglo XVI cambiará los axiomas, y lo que Aristarco ya tenía propuesto unos 2.000 años antes será aceptado, trasladando el centro del mundo desde la Tierra hasta el Sol, si bien siguiendo aferrados aún a la noción de órbitas circulares.

Otros profundizarían en esta revolución. La experimentación como metodología del conocimiento comenzará a hacerse aceptable en Europa con las aportaciones de Roger Bacon (contemporánea de Tomás De Aquino) y después con Francis Bacon, para llegar a la figura de Galileo quien con sus observaciones, cálculos y experimentos, introducirá la medida como forma sistemática para el conocimiento y situará la inducción por encima de la deducción como método de la Ciencia.

Por tanto, la disputa entre método deductivo, que deduce sus conclusiones a partir de esas "verdades evidentes", axiomas, y método inductivo, que toma como punto de partida las observaciones concretas de las que hará derivar sus generalizaciones, irá dencantándose hacia éste.

Las nociones cosmológicas irán creciendo y estableciéndose en cimientos cada vez más sólidos. Las numerosas aportaciones de Galileo, las precisas observaciones astronómicas de Brahe, los cálculos matemáticos y las teorías de Kepler, abrirán las puertas para que ese mismo siglo XVII culmine con la síntesis final de la mecánica celeste, que supone el establecimiento de la Ley de la Gravitación universal por Newton.

Cerrando las puertas del pasado se abren nuevos capítulos de la historia de la Astronomía y con ella de la del pensamiento. Muchos seguirán contribuyendo a ello (Halley, Romer, Cassini, Bradley, Herschel, Leverrier, Hubble.. etc, etc.). A principios del siglo XX Einstein formalizará su revolución relativista, en la que todavía estamos inmersos. El mundo de la física irá oscilando entre lo inmensamente grande y lo inmensamente pequeño. Y así seguimos, entre hipótesis, observaciones y teorías, con la física de partículas, la radioastronomía, los agujeros negros, el hiperespacio,...

Pero esto es otra historia.

INGENIERÍA GENÉTICA. APLICACIONES E IMPLICACIONES

Alfonso Jiménez Sánchez
Catedrático Bioquímica. UEX.

Aunque hasta principios de este siglo no se ha constituido la Genética con las características que la reconocemos actualmente, desde siempre la intervención del hombre en la naturaleza viviente ha significado una suerte de intervencionismo para lograr la preeminencia de unos genes sobre otros. De cualquier manera, hasta nuestros días no se había planteado explícitamente la intervención científica sobre el genoma humano, a través de la multiplicación genética.

La ingeniería genética nos permitirá el diagnóstico precoz de enfermedades, que podrán ser eliminadas mediante la aplicación de técnicas de ingeniería genética que permiten una terapia, mediante la sustitución de unos genes defectuosos por otros.

Pero es el "proyecto genoma" el que más interés parece despertar actualmente entre el gran público. Tras el conocimiento global de todos los genes humanos pasará al análisis del genoma individual logrando el acceso a algo tan íntimo de la persona como es su herencia genética. El camino está trazado para la manipulación del genoma humano, con los problemas éticos que se plantean. ¿Qué resultará de todo esto?. La mejor de las intenciones no garantiza que se actúe correctamente. Pero ¿quién puede señalar cuál es la decisión correcta en este campo?

"... *Organizaciones de consumidores... ecologistas... advierten sobre el consumo de frutas, hortalizas y carnes manipuladas genéticamente...*". "*Se pide al Gobierno una ley que obligue a poner en las etiquetas de los productos de consumo humano si están manipulados por Ingeniería Genética*". Frases como éstas aparecen a veces en los medios de comunicación. Si fuésemos muy estrictos *todos* los productos animales y vegetales que consumimos deberían llevar esa etiqueta. Hoy, y desde hace muchos años, no se siembra ninguna semilla ni se cría ningún animal que no esté manipulado genéticamente. Más aún, si fuésemos muy estrictos y exigentes con la seguridad y calidad, deberíamos preferir antes los productos obtenidos por Ingeniería Genética (IG).

Pero así como las aplicaciones de la IG a la ganadería o agricultura no deberían suscitar recelo alguno -y los suscitados son causados por desconocimiento-, las aplicaciones directas sobre el hombre pueden algunas de ellas tener implicaciones sociales y éticas que pueden ser controvertidas y deben ser debatidas bajo múltiples enfoques y por diferentes grupos de opinión. En cualquier caso, no se debe condenar a priori sin un conocimiento detallado del tema. No repitamos la Historia, Galileo ya ha sido reinsertado.

¿Conocemos productos manipulados genéticamente, desde cuando?. ¿Estamos manipulando los genes humanos, o lo hemos hecho alguna vez?. Ambas respuestas son afirmativas y ambas lo son hace milenios!.

Hagamos un poco de historia.

Hace al menos 15.000 años el hombre ya reconocía la herencia de los caracteres. Esto le llevó a seleccionar los caracteres de las plantas y animales que les eran más útiles y pasó de ser recolector y cazador a ser agricultor y ganadero. Este conocimiento y su aplicación le llevó a la abundancia de alimentos y a disminuir la mano de obra. Este primer paro obrero y, como consecuencia el ocio, permitió el comienzo y desarrollo de las culturas que florecieron después. El reconocimiento de la herencia le llevó al uso diferencial de los progenitores, los mejores padres daban descendientes con mejores cualidades. Unos 5.000 años a. de C. asirios y babilonios sabían que las palmeras de dátiles tenían dos sexos y aprendieron a seleccionar cientos de variedades mediante reproducciones dirigidas, si bien estos conocimientos estaban unidos a mitos y religiones. La Biblia cristiana enseñaba a los granjeros a no sembrar sus campos con semillas mezcladas y a impedir que sus ganados se reprodujeran con cualquier animal. Gracias a estos apareamientos

selectivos se obtuvieron muchas variedades de cereales, hortalizas, frutas y animales muy diferentes a sus antecesores naturales, origen de los que hoy se siguen utilizando en la agricultura y ganadería moderna.

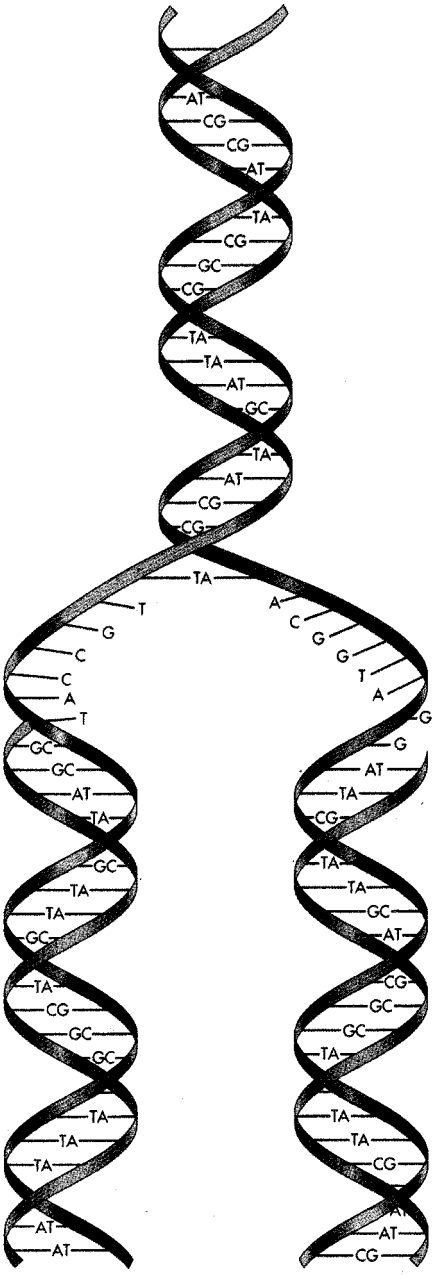
Este reconocimiento de la herencia debió favorecer el reconocimiento de la herencia en el hombre. No sabemos cuando ocurrió esto, pero sabemos de descripciones de muchos caracteres humanos heredados explicados a base de mitos y leyendas. En las tablillas de barro escritas en Babilonia hace 5.000 años se citan más de 60 defectos de nacimiento junto con los terribles significados que auguraban. Las sagradas escrituras hindúes dan instrucciones para la elección de esposa, subrayando que no deben tener ninguna enfermedad hereditaria y poseer la familia caracteres favorables durante varias generaciones. El Talmud de los judíos contiene una descripción exacta de la herencia de la hemofilia.

Los griegos prestaron mucha atención a estos temas pero dieron una interpretación errónea sobre cómo se heredan los caracteres al pensar que sólo era el varón el único donante de todos los caracteres de los hijos. Esta idea fue sustentada por Aristóteles y por él se mantuvo hasta el siglo XIX.

El desarrollo de la Biología durante la segunda mitad del novecientos demostró la igualdad de los dos sexos en su contribución a la herencia de los hijos y contribuyó a que la herencia dejase de ser un mito para convertirse en una ciencia gracias a los trabajos del monje agustino G. Mendel. El nacimiento de la Genética a principios de este siglo se origina por el reconocimiento del trabajo de Mendel. A mediados del siglo logramos conocer cual era la molécula portadora de la herencia en todos los seres vivos y durante las siguientes décadas aprendimos su funcionamiento y su manipulación y, como consecuencia, la IG.

Pero la enseñanza más importante de la Genética y que ha tenido una mayor repercusión en nosotros no ha sido su aplicación práctica, sino el cambio completo que exige de nuestra consideración misma. Todos los seres vivos compartimos la misma molécula y el mismo funcionamiento en todos los procesos relacionados con la herencia, por lo que nos hace sentirnos parte del grandioso proceso de la evolución y nos hermana con todos los demás seres vivos en los mecanismos más profundos de nuestra existencia.

Hoy sabemos que todo lo que transmitimos a nuestros descendientes, si excluimos el ambiente propicio para su desarrollo biológico y la herencia cultural con el aprendizaje, viene en el mensaje genético constituído por la molécula de DNA y sobre ella escrito con tan sólo cuatro letras (A, T, G y C). Estas letras se agrupan en 23 parejas de cromosomas, de los que una copia de cada pareja la recibimos de nuestro padre y los otros 23 los recibimos de nuestra madre. Esos 23 cromosomas contienen un total de 4 mil millones de letras. La combinación formada por cada 2.000 a 3.000 letras forman un gen, que es la unidad hereditaria. De forma general cada gen o grupo de varios genes es el responsable de cada carácter que desarrollamos en nuestro organismo a lo largo de nuestra vida. Un gen nos hace tener el pelo cas-



taño, otro determina que seamos del grupo sanguíneo A, un grupo de genes determinan la forma de nuestra nariz, nuestra capacidad verbal, el color de nuestra piel, y a un grupo mayor de genes debemos nuestra altura o nuestra inteligencia, si bien en éstos últimos también influye nuestro ambiente -alimentación, aprendizaje-. También un sólo gen alterado hace que padezcamos la hemofilia, el enanismo, la talasemia, la fibrosis quística, el albinismo, la anemia falciforme o la enfermedad de Alzheimer. Al explicar de forma racional la herencia de estos caracteres, la Genética ha contribuido de forma decisiva a la eliminación de muchos tabúes y mitos en torno a la aparición de malformaciones congénitas, así como a encender una clara esperanza en la posible eliminación de estas alteraciones de la herencia. Dado que en la formación de la pareja humana y en el número de descendientes que tendrán no podemos intervenir como se ha hecho para la eliminación de caracteres indeseables en animales y plantas, la Genética sólo puede ayudar a que los descendientes nacidos carezcan de estas anomalías indeseables mediante dos únicas alternativas: el consejo genético, que lo único que puede hacer es avisar de las probabilidades, o la IG.

¿Qué es la Ingeniería Genética?. De forma estricta la IG es el método para aislar, cortar y soldar moléculas de DNA para obtener un beneficio. Como antes decía, todos los seres vivos compartimos el mismo tipo de molécula con los mismos mecanismos de expresión de los genes. Esto tiene una consecuencia fundamental: todas las moléculas de DNA, una vez aisladas, son idénticas (con la única diferencia de la secuencia de las cuatro letras que son las que le dan su información y, por tanto, su individualidad). Como consecuencia se puede hacer que el producto de un gen, las proteínas, se fabriquen en mayor cantidad, o en un organismo diferente al de su origen, o se puede cortar un gen defectuoso para sustituirlo por uno correcto.

Estas consecuencias tienen aplicaciones múltiples. Aumentando el número de un determinado gen -clonación- se han obtenido animales con mayor producción de la hormona de crecimiento y, por tanto, con mayor crecimiento, plantas resistentes a las sequías, o a determinados herbicidas, o a plagas, de indudable valor económico para el hombre. Por clonación se están obteniendo muchos antibióticos, vacunas y hormonas para su uso en el hombre que no sólo abaratan de forma drástica su producción sino que elimina riesgos innecesarios. Por IG se obtienen vacunas sin la presencia de ningún tipo de virus o bacterias clonando sólo los genes de las proteínas antigénicas, por lo que se eliminan las infecciones por vacunas con virus no totalmente inactivados. La hormona de crecimiento y la insulina que se aislaban antes de pituitaria y páncreas respectivamente de animales, con algunos problemas de rechazo inmunológico y contaminaciones víricas, se obtienen ahora por IG en cultivos puros de bacterias inertes para el hombre con el propio gen humano sintetizando dichas hormonas y sin problemas de contaminación o rechazo.

Más directamente teniendo como sujeto al hombre la IG tiene básicamente cuatro tipos de aplicaciones: el diagnóstico precoz, la terapia génica, la huella genética y el proyecto Genoma.

A través de los genes que recibimos de nuestros padres obtenemos todo el potencial de nuestra vida, lo bueno y lo malo que podamos aprobar y padecer. A medida que se van conociendo la secuencia de los genes normales se van también analizando las secuencias defectuosas que conducen a enfermedades o malformaciones. Si conocemos la secuencia defectuosa causa de una enfermedad, es muy sencillo el **diagnóstico precoz** en un embrión de 8 o 9 semanas de gestación mediante biopsia de microvellosidad coriónica e hibridación de su DNA con una sonda de DNA. Con este método se detectan hoy muchas enfermedades hereditarias, cuyos beneficios incluyen: tranquilizar a los padres de riesgo cuando el resultado es normal y en los casos de enfermedad permitir la preparación psicológica de la pareja antes del nacimiento del bebé, ayudar al médico en el posible tratamiento intrauterino y a planificar el parto, y para las parejas que consideran la interrupción del embarazo como una opción.

Una vez detectado un gen defectuoso, el aislamiento y clonación de los genes normales permite la **terapia génica** o inserción del gen normal en los individuos, natos o no, con el gen defectuoso. Esta es la única técnica a la que se debería considerar como verdadera Ingeniería Genética Humana. Aunque esta técnica está en sus comienzos, son muchas las expectativas que ofrece ya que unas 4.000 enfermedades conocidas se saben que están determinadas por un solo gen y son, en principio, objetivos de esta terapia. El 14 de septiembre de 1990 la niña de 4 años Ashanthi DeSilva pasó a la historia como la primera persona en la que se aplicaba la terapia genética. Ashanthi había nacido con un defecto en el gen que codifica a la Adenosina desaminasa, enzima necesa-

ria para el funcionamiento del sistema inmunitario, causando una inmunodeficiencia muy grave, lo que la hacía vulnerable a un sinfín de infecciones ("niños burbuja"). Se le aislaron linfocitos T y se les incluyó un gen correcto. Los linfocitos se inyectaron después en su sangre. Hoy la niña tiene una vida normal. Actualmente se están probando otros genes defectuosos para ser sustituidos por sus copias correctas, entre los que están los que producen la hemofilia B, fibrosis quística, cáncer de pulmón, enfermedad de Gaucher, distrofia muscular de Duchenne, etc.

Una de las técnicas más utilizadas en IG es la multiplicación del número de copias de un fragmento de DNA (PCR). Con esta técnica se puede obtener una buena cantidad del DNA de una persona a partir de muy pocas células -una gota de sangre seca, restos de semen, bulbo de un pelo- y determinarle lo que se conoce como la *huella genética*. La huella genética es el patrón de fragmentos de DNA en los que se corta el genoma de una persona al ser tratado con determinadas enzimas que cortan al DNA en sitios específicos. Dado que este patrón es materialmente imposible de repetirse en dos personas en todo el mundo, la certeza de asignar una de las muestras biológicas indicadas a una persona concreta es casi absoluta. Esta técnica ha permitido importantes adelantos en la localización de delincuentes, identificación de cadáveres, determinación de paternidades, etc. Su uso se ha extendido incluso a la detección de parentescos entre momias egipcias y al aislamiento de DNA a partir de fósiles de varios millones de años.

El objetivo de la Ciencia es el conocimiento de la Naturaleza, y de toda la Naturaleza, qué duda cabe que lo que más ha interesado e interesará siempre conocer es a nosotros mismos. El conocimiento más completo que podríamos lograr sería el de todos los genes y su forma de expresión de cada persona. El *Proyecto Genoma* aspira, por ahora, a conocer todos los genes humanos de forma global, sin particularizar. Con este proyecto, que comenzó en 1988, se pretende, y se está muy cerca de conseguir, determinar la secuencia de las cuatro letras del DNA en el total de 4 mil millones de letras repartidas en los 23 cromosomas. De aquí se podrá pasar más fácilmente al análisis del genoma individual y no sólo determinar de forma directa las enfermedades que se padecen, sino las que no se padecen pero se pueden transmitir a los descendientes y las predisposiciones a padecer otras enfermedades en edades más avanzadas de nuestra vida.

♦♦

El más importante transformador de nuestro patrimonio hereditario es nuestra madre Naturaleza

♦♦

Estas aplicaciones de la IG al hombre abren un mundo nuevo en la práctica médica lleno de posibilidades que pueden parecernos de ficción, pero también inauguran un debate social y ético hasta hace poco inexistente. Tendremos en nuestras manos la posibilidad de conocer algo tan íntimo de la persona como es su genoma, la herencia recibida de sus padres y que ella transmitirá a sus hijos y, junto con ello, la posibilidad de modificarlo.

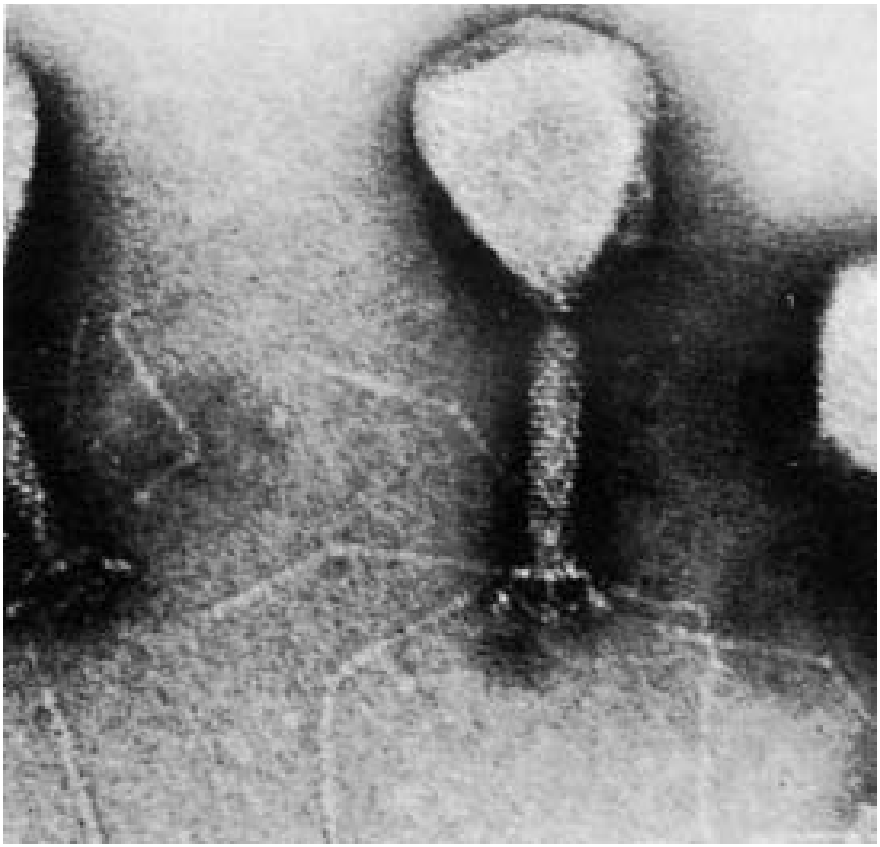
Dos preguntas surgen de forma inmediata de estas consideraciones: ¿tenemos derecho a la intimidad genética?, ¿es ético manipular el genoma humano?. Ambas preguntas requieren una contestación muy meditada y matizada, o quizás haya varias contestaciones dependiendo de la educación de cada grupo de personas. Aquí sólo puedo señalar algunas consideraciones que creo deben entrar en el debate.

La intimidad genética significa el derecho a que no se informe a nadie sobre nuestros genes. El conocimiento de un determinado gen defectuoso que nos de una probabilidad alta de padecer una enfermedad de tratamiento costoso y prolongado podría impedirnos obtener un seguro médico o conseguir un determinado puesto de trabajo. La posibilidad de un día padecer una enfermedad delicada o engorrosa puede afectar u obstaculizar nuesta relación de pareja. Pero ¿tendríamos derecho a ocultar esta información a quien va a invertir dinero, esfuerzo o tiempo en nosotros?, ¿tendríamos derecho a ocultar a nuestra pareja la probabilidad de darle hijos enfermos?.

Al manipular el genoma humano, como en la terapia génica, podemos hacerlo en células somáticas (que no participan en la reproducción) o en células germinales (células sexuales o gametos que serán las formadoras de nuestros descendientes). En el primer caso hay poca diferencia ética entre la sustitución de un gen dañado por uno sano y un transplante de un órgano. Nadie lo discute. El segundo tipo se consigue cuando la terapia génica se

realiza sobre el huevo recién fecundado o muy al principio de su desarrollo (excluyo toda manipulación genética con fines otros que los de la propia terapia genética). Sobre este punto se definió la Asamblea Parlamentaria del Consejo de Europa en las recomendaciones 934 y 1046 para conseguir una regulación jurídica común para todos los estados miembros. Aún con estas limitaciones y prohibiciones jurídicas la Iglesia Católica rechaza toda manipulación de embriones basándose, creo de forma casi exclusiva, en los posibles abortos que se pueden ocasionar.

A este debate quisiera contribuir con una reflexión. Todo el genoma que existirá en las próximas generaciones, y en adelante en la humanidad futura, depende exclusivamente de lo que nuestra generación les transmita y ellos poseerán las malformaciones y padecerán las enfermedades que hoy permitamos que pasen nuestros hijos. Por cada uno de nosotros, y si seguimos reproduciéndonos a la velocidad actual (los dioses no lo quieran), en 500 años habremos generado, o lo que es lo mismo poseerán nuestros genes, unas 40.000 personas. De esto debemos concluir que cada uno de nosotros somos más importantes por razón del número de descendientes a los que transmitiremos nuestros genes que por nosotros mismos. Que una persona disfrute de una vida más larga o corta, más saludable o doliente, puede ser importante para sí misma y sus allegados, pero antes o después morirá. Su importancia es transitoria y bastante fugaz. Sin embargo, los genes que transmita serán mucho más duraderos, pueden llegar a milenios en el futuro, e implicarán de forma muy directa y profunda a muchísimas más personas de las que nunca podría conocer a lo largo de toda una vida.



A los que la posibilidad de intervenir en la herencia humana pudiera perturbar quisiera indicarles que a lo largo de milenios el hombre ha intervenido de forma muy clara en su patrimonio genético. Desde muy en nuestros orígenes los diferentes grupos socio-económico-culturales han tenido diferentes tasas de reproducción. A pesar del origen africano del hombre (raza negra) el color promedio de la especie ha cambiado a colores mucho más claros muy rápidamente por cambios tecnológicos, no evolutivos (la agricultura la adoptaron caucásicos y orientales mucho antes que los africanos y aumentaron rápidamente su número).

El más importante transformador de nuestro patrimonio hereditario es nuestra madre naturaleza. Gracias a su eliminación sin contemplaciones de los genes deletéreos y a permitir reproducirse a los más aptos es por lo que nosotros existimos. Nosotros con el dudoso derecho de todos a reproducirse somos los que vamos contra la Naturaleza, y sin embargo sobre esta acción antinatura los éticos y moralistas no se oponen. ¿Por qué?.

Como con todo en la vida, las cosas se pueden hacer bien o mal, e incluso se puede hacer el mal con la mejor intención.

REFLEXIONES SOBRE LA REPRODUCCIÓN ARTIFICIAL DEL HOMBRE

Diego Díez García
Doctor en Filosofía e Inspector de Educación.

La idea de naturaleza hace referencia a un orden universal. Por el contrario la idea de cultura se refiere a reglas particulares. Sólo hay una regla cultural que parece tener la misma universalidad que las leyes de la naturaleza: es el tabú del incesto, que fundamenta el paso del hombre de la naturaleza a la cultura.

El tabú del incesto al organizar socialmente el "fenómeno sexual" establece unas relaciones que vienen a ser trastornadas por algunas de las técnicas de la fecundación artificial humana. La filiación es una representación cultural y los cambios que sobre esta representación pueden producirse son producto de una ética del deseo que confunde el poder hacer con el deber hacer. Dado que "lo humano" será aquello que reconozcamos como tal, estas técnicas ponen al hombre frente a cuestiones de una importancia trascendental para el futuro de la humanidad.

Los extraordinarios avances técnicos en la reproducción humana por medios artificiales están creando situaciones cada vez más sofisticadas, de manera que se está produciendo una verdadera desestabilización de las concepciones sobre "lo humano". No se trata sólo de los consabidos bancos de esperma y de los casos de inseminación artificial o fecundación "in vitro" con donantes externos a la pareja (donación de ovocito, de esperma, de óvulo o de embriones en gestación). Se habla también de alquiler de útero (madres de alquiler), de ectogénesis (gestación completa extrauterina), de congelación de embriones con vistas a la experimentación o a su conservación para que sirvan en posibles transplantes de tejidos o de órganos al gemelo univitelino al que se habría permitido un desarrollo normal. Hoy se especula con la posibilidad futura de atender los deseos de las lesbianas que querrían niños sin "contaminarse" de esperma y de los homosexuales masculinos que pretenderían una gestación abdominal, e incluso se habla de clonación o transplante de núcleos.

Estas técnicas, desde un punto de vista estricto, no representan grandes avances del conocimiento científico. Las claves explícitas y los procesos bioquímicos y genéticos que se producirían en estos procesos son ya conocidos de los científicos. No obstante, desde el punto de vista experimental tienen una importancia extraordinaria y desde el punto de vista de las concepciones sobre "el hombre" y "lo social" los cataclismos que provocan sobre nuestras escalas de valores pueden ser aún más importantes. Sobre todo si reparamos en las posibilidades de manipulación de los genotipos por la Ingeniería Genética.

EL TABÚ DEL INCESTO.

Voy a intentar explicar como el tema de la procreación artificial del hombre se relaciona con un fenómeno en el que la mayoría de los antropólogos ven el principio de unión / diferenciación entre la naturaleza y la cultura específicamente humana, el principio constitutivo de la fundación de la "humanidad" frente a la "naturaleza": el tabú del incesto.

La idea de *naturaleza* hace referencia a un orden universal que se rige por leyes inviolables. La idea de "naturaleza", aplicada a la realidad humana, es la de un orden exterior, entendido como el conjunto de caracteres que se encuentran en todos los hombres, independientemente de sus peculiares circunstancias históricas. La "naturaleza humana" vendría constituida por aquellos caracteres innatos que constituyen los genotipos de los individuos. Desde esta perspectiva, la naturaleza tendría en el hombre el mismo carácter universal que en el resto de los seres.

La *cultura*, por el contrario, se caracteriza porque con ella se producirá la aparición de "la regla". La cultura va a significar la emergencia de "lo específicamente humano". Con la regla aparece la "civilización" y con ella la "liberalización" de la humanidad de la necesidad natural. Es característica de la dimensión cultural el tener una relatividad histórica, valer para una determinada sociedad y un determinado tiempo, con unos caracteres que carecen de sentido en otras épocas o en otras sociedades. En las culturas no hay leyes inviolables, sino reglas que hay que respetar y que pueden ser violadas. En la naturaleza no hay reglas que respetar, sino leyes universales que no admiten excepciones.

Como es sabido, Levy Strauss encuentra que existe una regla que está presente en todas las culturas. Esta "regla" tendría en el mundo de la cultura la misma universalidad que las leyes físicas en la naturaleza. Se trata de la prohibición del incesto. Esta prohibición, por la universalidad de su validez se asimila a la realidad natural, mientras que, por su carácter de regla, constituye un hecho cultural.

El tabú del incesto no es más que el hecho de que en toda sociedad hay un grupo de hombres que están prohibidos para ciertas mujeres o un grupo de mujeres que están prohibidas para ciertos hombres. Conviene especificar que en el tabú del incesto la universalidad de la norma no está en el contenido determinado que vaya a adquirir y que cambiará de una cultura a otra - los grupos mutuamente excluidos en las relaciones sexuales cambian de una cultura a otra - sino en *la forma* de la prohibición.

De este modo, la dimensión sexual del hombre, esto es, las relaciones biológicas en las que se inscriben inicialmente las prácticas de procreación, participa a la vez de una dimensión natural y de una dimensión cultural. Es en el dominio de la sexualidad donde se establecería el paso de la naturaleza a la cultura. Sin la regla fundamental de la prohibición del incesto, la humanidad sólo podría ser dividida, desde la perspectiva de la sexualidad, en el macho y la hembra de la pareja como unidad de reproducción, y en este caso, el fenómeno de la reproducción humana no abandonaría el terreno de la naturaleza. El tabú del incesto introduce *un orden* en la procreación allí donde sólo había inicialmente la atracción entre los sexos y hace entrar a los seres humanos en el universo de las reglas, esto es, de la cultura. De este modo, la sexualidad es el fenómeno que presenta el carácter contradictorio de ser a la vez aquella realidad que pertenece a la esfera de la naturaleza, escapando así a la socialización, y el terreno más apto para ser "desnaturalizado" y así socializado.

Podría pensarse, tal vez, que estas cuestiones nada tienen que ver con el tema de la procreación artificial, por cuanto el campo de esta última es distinto al de las relaciones sexuales "naturales"que son objeto de la prohibición del incesto. Al fin y al cabo las técnicas de procreación artificial son formas de obviar los actos que caen bajo el dominio que cubre el tabú del incesto. Pero es que la procreación artificial afecta al principio antropológico fundamental de la alteridad sexual y de la identidad sexuada de los individuos, que fundamenta la aplicación de la regla del tabú. Por otro lado, en su aspecto cultural específico, la prohibición del incesto, no se refiere sólo a las relaciones sexuales, en sí mismas de orden puramente natural, sino fundamentalmente a las relaciones sociales que establecen las uniones matrimoniales. En otras palabras, es en el dominio de las *relaciones de parentesco*, y no sólo en el de los actos sexuales, donde adquiere sentido el tabú del incesto.

Las filiaciones que se establecen en una cultura derivan de la reglamentación que introduce el tabú del incesto. De modo que las relaciones de parentesco están, por tanto, en la base de la constitución de la "humanidad" frente a la "naturaleza". Por ello las modifi-

caciones que en el tema de la filiación introducen las técnicas de procreación artificial plantean problemas que afectan al fundamento de la "cultura" humana.

Plantearse la cuestión de la procreación artificial humana desde el punto de vista puramente técnico es quedarse en el campo de su realidad "natural". Ello es muy importante para obtener datos objetivos sobre los que construir una opinión o explicar la decisión que se tome. Pero no se puede olvidar que este tema está ligado a lo que de modo más específico determina la entrada del hombre en el universo de la cultura, esto es, en el universo de la "humanidad".

LA FILIACIÓN COMO REPRESENTACIÓN.

Para ilustrar como este tema es una cuestión de índole fundamentalmente cultural, que desborda lo puramente biológico y médico y entra en el terreno de la ética y los valores sociales basta darse cuenta de que *la filiación es una representación social* y no un fenómeno biológico. En nuestra cultura bastaría acudir al tema de los hijos adoptivos, naturales, reconocidos o no, etc... para darse cuenta de ello. En otras culturas es aún más patente. Entre los Nuer de Sudán, por ejemplo, una joven puede ser "el marido" de otra mujer, si tiene suficientes regalos para ofrecer a su padre. Aquella será considerada el "padre" de los hijos que esta última tenga con otros hombres de la tribu y como tal será respetada por aquellos y recibirá los presentes de los pretendientes de "sus hijas" cuando llegue el momento del matrimonio de éstas.

El tabú del incesto no prohibe tanto unas relaciones sexuales cuanto establece unas relaciones de parentesco culturalmente válidas. De esta manera las relaciones sexuales culturalmente reconocidas -no las relaciones sexuales biológicas, evidentemente- no constituyen un fenómeno que se decide entre dos cuando implican la entrada de un nuevo individuo en una red estructural de parentesco. *La cultura está presente en la procreación*.

Se plantea entonces la cuestión de si, con la consideración exclusiva de los aspectos biológicos y médicos de la procreación artificial del hombre no estamos siendo llevados a una situación en la que la técnica viene a imponer unos valores que no han sido legitimados socialmente. Estas prácticas van a producir unos cambios muy importantes en los valores del hombre y de la sociedad, a partir de decisiones puramente científicas. Se vendrá a satisfacer así los deseos incontrolados de un tipo determinado de parejas o los intereses particulares de algunos científicos que legitiman su postura en nombre de la libertad de investigación. ¿No ocurrirá así que la técnica impone soluciones a las gentes, en vez de estar a su servicio? Por otro lado, una postura recalcitrante de oposición a estas prácticas es casi seguro que no conseguiría nada. ¿Cabe poner puertas al campo?. Como se ve, el problema es complicado.

CIENCIA Y TÉCNICA: DEL "HACER" AL "DEBER HACER".

Cabe el peligro de que en este terreno se esté produciendo un cambio en el significado y la función atribuidos a la ciencia. Se podría llegar a la conclusión de que la ciencia determina "lo legítimo" y dice el campo de "lo deseable", en lugar de enunciar la verdad de los hechos. En este caso quedaría claro que

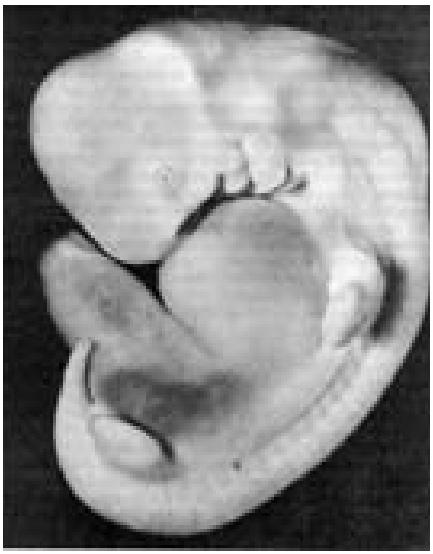
la función de las disciplinas normativas: el derecho, la política, la ética, etc. sólo sería la de constituir diferentes vectores de "ingeniería social" o económica. No estamos muy lejos de ello en algunas interpretaciones de las tesis sociobiológicas.

Con estos hechos se está produciendo una especie de derogación de la norma de conducta que hacía depender lo que se podía hacer de la respuesta previa a lo que se debía hacer. A partir de ahora se constituye una nueva norma "aséptica", basada sobre un "yo puedo, por tanto, yo debo". Y ello en función de un pretendido deber de adquirir el mayor dominio técnico sobre el campo de conocimientos en el que se investiga. Pero el que algo sea posible no significa que "deba" ser hecho. Aceptarlo sería abdicar de lo que ha constituido una *ética de la responsabilidad* en beneficio de una *ética del deseo*. En efecto, no porque la producción de un fenómeno pueda ampliar nuestro conocimiento y nuestro dominio de la naturaleza hay que intervenir sobre él y adquirir la técnica para su manipulación. Pensar de este modo sería admitir una inflación de unos derechos subjetivos cuya legitimidad es problemática.

En la "cultura" de un sistema democrático no puede haber otros valores "oficiales" que aquellos que aseguran y fundamentan la existencia de la propia democracia. El espacio público debería ser neutro en lo relativo a cualesquiera otros valores. Pero parecería que en nuestra época la ciencia haya ocupado ese espacio público y que hubiese recreado un "totalitarismo" del *progreso*, de modo que habría campos donde la *sacralización* del hombre habría sido sustituida por una *sacralización del conocimiento científico* y por el deber de utilizarlo en proporcionar el mayor dominio posible sobre la naturaleza. El problema es que "lo humano" no es "naturaleza" aunque se dé en ella. *El cuerpo del hombre es una representación cultural* de una dimensión de "lo humano" y es, por tanto, una encarnación de símbolos. Ciertas técnicas producen una disociación entre la concepción, la paternidad / maternidad y la sexualidad y algunos métodos de procreación artificial conducen a la "desarticulación" de los cuerpos y a la destrucción de la filiación. Ello significa que afectan a las bases de la "cultura".

En aquellas sociedades en las que el individuo es el valor supremo, la comunidad está obligada a responder positivamente a todas las iniciativas y peticiones fundadas en el bienestar o la felicidad privada. Pero, en cuanto elemento "cultural" la filiación es una institución social fundada en unas relaciones dialógicas entre seres humanos y no en la libertad de unos sin reciprocidad de los otros. De lo contrario, en nombre del progreso ilimitado y de la defensa de los derechos subjetivos se corre el riesgo de que, al final, todo sea permitido. Es decir: no haya reglas -"cultura"- y, por tanto, desaparezca lo específicamente "humano".

Una regla implica tanto una prohibición como una forma de obrar reconocida en el dominio de la regla. Sólo en el espacio de las reglas se incorpora el hombre al universo de "lo humano". Si se eliminan éstas en nombre del progreso científico puede ocurrir que los hombres, después de haber sido a lo largo de la historia juguetes de una naturaleza "indómita", o de una providencia "divina", que imponían la sumisión y la resignación ante "el destino", nos volvamos a ver otra veza *sometidos a una nueva forma de dominio*: el destino implacable a que nos conduciría el desarrollo científico, por su propia dinámica "incontrolable".



En la época en que se ponen en cuestión todos los garantes de las obligaciones de los individuos, sería paradójica la aceptación de unos "deberes", que no han sido enunciados por nadie, teóricamente fundamentados en el valor indiscutible de la ciencia. Si el motor de este proceso se encuentra, como algunos creen, en *la lógica interna del desarrollo científico*, no sería posible oponerse a él sin oponerse al propio desarrollo de la ciencia y, por tanto, sin eliminar una de las joyas más importantes de la corona de la cultura occidental. Evidentemente

este hecho es impensable. De esta manera, la sentencia de muerte sobre la actual representación cultural de "lo humano" sería inevitable, sin que sepamos qué representación la sustituirá y sin que nadie la haya querido. ¿El "hombre" será nuevamente el juguete de algo que le trasciende, en este caso con todas las apariencias de "lo arbitrario"? Si es así, estaríamos condenados a la pérdida del "sentido" de la representación de "lo humano".

Pero cabría plantearse si, en lo que se refiere a la intervención sobre la representación de "lo humano", todo está permitido. En definitiva, la cuestión es si se tiene derecho a producir un hombre -y utilizo aquí el término "producir" en el sentido estricto en el que se habla en el discurso económico, por ejemplo de "producción de bienes", o en el de los procesos técnicos que se realizan en un laboratorio-. ¿Debe ser el hombre objeto de producción? En cualquier caso, si se decide que no puede serlo, hace falta dar las razones de esta prohibición, cuya regla debe apoyarse sobre aquellos aspectos éticos y culturales aceptados por la comunidad donde se dan los progresos en las técnicas de reproducción artificial del hombre. Esto es, la comunidad científica.

Así, una ética de la ciencia, basada en el conocer por el conocer, debe ser sustituida por una ética para la ciencia. En nuestra cultura el nacimiento de un ser humano es la venida al mundo no sólo de un individuo, sino de un sujeto personal, esto es, una realidad que tiene derecho a una filiación reconocida e instituida, de la que otros no pueden disponer a voluntad. La manera como se produzca la incorporación a estas relaciones de parentesco no pueden depender del derecho subjetivo de otros. El "cuerpo", como "representación", ya no es una propiedad sometida al derecho subjetivo de los individuos: es el propio individuo y es, por decirlo así, un bien cultural.

♦♦

Qué sea el hombre dependerá de qué hombre queremos que sea. La representación de la realidad humana depende de nosotros mismos y es esta representación lo que constituirá su realidad

♦♦

La procreación del hombre no concierne solamente a la vida y a la libertad privada. No es suficiente producir un individuo humano, hay que instituirlo en una red de reglas sociales, en las que la ética y el derecho no han establecido aún las que legitimarían ciertos métodos de procreación artificial. Podrá decirse que bastaría cambiar este derecho, buscar nuevas normas o reglas con el fin de adaptarse a la nueva realidad que se nos avecina. Sin negar que algo de esto tenga que producirse y que las posturas inmovilistas no conducen a ninguna parte, también hay que señalar que la función de las representaciones de "la realidad humana" -y las conductas y las instituciones son las objetivaciones de estas representaciones- no es la de adaptarse a lo real, sino *crear lo que deberá llegar a ser real*. El liberalismo en su sentido estricto del "laissez faire, laissez passer" es difícilmente justificable en este campo.

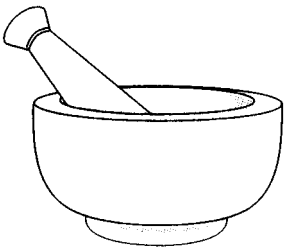
Qué sea el hombre dependerá de qué hombre queremos que sea. La representación de la realidad humana depende de nosotros mismos y es esta representación lo que constituirá su realidad. La cultura nace de la proposición de una alternativa a la naturaleza puramente biológica del hombre. Desde cierto punto de vista, la función de la cultura consistiría en una negación de la realidad orginalmente dada, para construir otra realidad de índole representacional. No hay "naturaleza humana", en el sentido sociobiológico en que la interpreta E.O. Wilson en el libro que publica con ese título. No siempre es cierta la afirmación, según la cual "los enunciados sobre la realidad no pueden cambiar lo que ésta sea". En el caso de lo "humano", constituido en objeto de representación colectiva, ocurre lo contrario: *la realidad será aquello que decidamos que sea y que incorporemos a la "representación" del objeto*. No se pueden aceptar, sin más, propósitos como los de B.F. Skinner, quien situándose "más allá de la libertad y de la dignidad" afirma que "si existe algún propósito o dirección en la evolución de una cultura, ello se relaciona con el sometimiento de las personas, cada vez más, al control de las consecuencias de su conducta".

LA ASIGNATURA DEL MÉDICO DE FINALES DEL SIGLO XX: LA BIOÉTICA MÉDICA

Diego Peral Pacheco
Prof. Área Historia de la Medicina. UEX.

La Bioética -término utilizado por primera vez por Potter en 1970- está llamada a jugar un papel muy importante en la práctica científica y técnica en un futuro inmediato. El aumento del poder de intervención del hombre sobre la naturaleza -incluida la naturaleza humana- hace que sea necesacio plantearse problemas éticos graves relativos a la aplicación de los conocimientos científicos. La sombra de Hiroshima planea sobre la percepción de la ciencia del hombre de la calle.

En el caso de la medicina, el problema es aún más evidente. Las Facultades de Medicina de la Universidad española ya han comenzado a introducir esta materia en los planes de estudio. Los cambios en la relación médico/enfermo y la sociedad como tercer elemento interviniente en esta relación exigen profundas transformaciones de ésta. Por ello lo natural es que surjan posiciones diferentes ante hechos que en otros tiempos se decidían unilateralmente y que hoy necesitarían del recurso a consideraciones de naturaleza bioética.



Quienes te pusieron tu nombre ya tenían un modo de vivir y de pensar. Una gran parte de su cultura ha pasado a tí. Hoy, el mundo y también España han cambiado.

El modo de enfrentar los problemas a nivel planetario o en el plano personal es diferente. La ciencia que hasta la Segunda Guerra Mundial había sido vista como algo neutro, perderá ese aspecto tras las bombas atómicas arrojadas en Japón. El mundo comprendió que los científicos pueden descubrir cosas cuya utilización puede llevar a la destrucción de las personas e incluso arrasar la tierra. ¿Es ésta tuya? No, yo pienso que no, es de todos e incluso de los que no han nacido todavía. Las generaciones futuras tienen el derecho a que les conservemos toda la riqueza y variedad de plantas, árboles, animales, etc. que hoy existen. ¿Esto significa que nada puede cambiar donde vivimos? Nunca el hombre ha parado de buscar y así seguirá siendo, pero debe conservar todos los recursos del planeta para asegurarse la vida.

¿Hay que ponerles límites a la ciencia o a la investigación? Con que facilidad oigo contestar a esta pregunta a muchas personas, sin aportar nada más que un sí o un no, que la mayoría de las veces encierra miedo o desconocimiento. Debemos ir más allá, reflexionar los temas, analizarlos y estudiarlos hasta comprenderlos para poder argumentar.

La Bioética a pesar de su juventud (el término <<bioética>> es muy reciente, Potter lo utilizó por primera vez en 1970) pretende resolver conflictos con una fundamentación y con un método. Partiendo además de que como disciplina ha de cumplir ciertos requisitos para poder llegar a ser universalmente aceptada, entre ellos:

a) ser una ética civil, no directamente religiosa.

b) ser una ética pluralista que acepte la diversidad de enfoques existentes.

c) ser una ética racional, tanto en el establecimiento de los principios éticos como en la evaluación de las consecuencias de cada decisión concreta.

Por todos es sabido que existen Comités de Ética Nacionales y que existen bioeticistas que asesoran a miembros de los Gobiernos. En España también existen otros sitios donde la Bioética se ha insertado, gracias a la labor del Profesor Diego Gracia y de sus discípulos, como son los Hospitales, donde se han puesto en marcha los Comités de Ética. Que nadie piense que tienen una función inquisitorial o de "perseguir ideas". Su función es la de recomendar sobre el tema que se les consulta. Tampoco tienen un carácter disciplinario como los Comités Deontológicos de los Colegios de Médicos. Su función es consultiva y no impositiva.

La Universidad Española ha comenzado también a recibir a la Bioética, ya se ha implantado como asignatura en algunas Facultades de Medicina del país y en otras se hará pronto. Sirva como ejemplo lo que ha ocurrido en Estados Unidos, donde en 1989, de sus 127 Facultades de Medicina, sólo existían nueve programas docentes de Bioética y en 1993 pasó su número a cien.

¿Por qué este interés de los futuros médicos y de los médicos por la ética? Como decía al principio la sociedad de hoy no es igual a la de los años cincuenta, en la cual el médico era el que decidía en solitario lo que tenía que hacer el paciente. Este también demanda otra actitud del médico hacia él. Antes el médico se conducía con una actitud paternalista hacia el sujeto enfermo; en el momento presente la autonomía de las personas hace que la relación que se establece tenga otro encuadre al de las generaciones pasadas. Entre estos dos principios Beneficiencia y Autonomía es donde reside una nueva interrelación entre médico y paciente (hoy mal denominado por algunos clientes). Si esos dos principios se llevasen al extremo la relación quedaría rota en perjuicio de las dos personas.

Ni la beneficiencia ni la autonomía son malas, pero su relación ha de ser tal que permita al profesional realizar su trabajo y al usuario (enfermo) tomar las decisiones que el estime oportunas para su vida.

Enjuiciar las conductas del pasado puede ser algo que conduzca a nada, comprenderlas puede permitirnos descubrir por qué antes era así y hoy es de otro modo. Generaciones de médicos se han educado en los libros que supuestamente escribió Hipócrates de Cos, donde la normativización de la conducta del sanitario está presente, pero no así la autonomía del enfermo. Vease el siguiente texto hipocrático *Sobre la decencia*:

Haz todo esto (el diagnóstico y el tratamiento del enfermo) con calma y orden, ocultando al enfermo, durante tu actuación, la mayoría de las cosas. Dale las órdenes oportunas con amabilidad y dulzura, y distrae su atención; repréndele a veces estricta y severamente, pero otras anímale con solicitud y habilidad, sin mostrarle nada de lo que le va a pasar ni de su estado actual; pues muchos acuden a otros médicos por causa de esa declaración, antes mencionada, del pronóstico sobre su presente y futuro (cap. 16).

Esta ha sido la forma de conducirse la medicina occidental desde el siglo V antes de Cristo hasta casi nuestros días, es decir, de una forma paternalista. En la actualidad el enfermo es un ser moralmente autónomo y responsable de todas sus acciones, lo que lleva a que el modelo paternalista del mundo griego no pueda ser mantenido.

En la relación sanitaria hemos hablado que intervienen el médico y el paciente, pero existe otro agente que es la sociedad. Esta se conduce por otro principio distinto que es el de Justicia. Los que actúan moralmente para que se contemple este principio son los responsables de la dirección del hospital y el juez.

En el acto médico están presentes los tres principios. Cada uno de ellos debe de valorarse en cada caso en concreto y ver como pueden articularse entre sí.

En la sociedad adulta, en la que las personas se comportan de una forma autónoma, es muy probable que surjan posiciones diferentes no sólo en la política sino en la moral y en la religión. De esto se derivan dos consecuencias la primera que una sociedad basada en la libertad y la autonomía de todos sus miembros ha de ser por necesidad plural y pluralista, en la que todos sus miembros se comprometen a respetar las opiniones de todos los demás, a condición de que también se respeten las suyas. En segundo lugar, que además de ser plural esa sociedad habrá de ser secularizada, ya que resultará prácticamente imposible lograr la uniformidad en materia religiosa.

LA ENFERMEDAD Y SU CONTEXTO

Fernando Pérez Escanilla
Vicepresidente de la Sociedad Española de Medicina General.

Hoy día hay una tendencia a concebir el binomio salud/enfermedad de un modo dinámico, en relación con un contexto y en función del bienestar, malestar y capacidad de funcionar del individuo.

El modelo para estudiar la enfermedad y su contexto ha sido siempre el de la enfermedad infecciosa. En el contexto en el que se produce ésta, además del agente causal y del medio de transmisión se necesita la persona capaz de enfermar. La consideración de las características del sujeto que va a enfermar es muy importante por cuanto determina la efectividad de los otros dos elementos.

La infección puede no desembocar en enfermedad infecciosa, si las resistencias del huesped impiden la multiplicación y difusión del microbio. En el contexto biológico o social de la enfermedad hay factores de riesgo que no se pueden modificar, pero hay otros cuya influencia depende del modo de comportarse respecto a ellos. La educación sanitaria necesita tener en cuenta el contexto biológico, social, económico, etc... de las personas en las que se desarrolla la enfermedad.

SALUD Y ENFERMEDAD:

Lo mejor antes de hacer una incursión en el apasionante mundo en el que se desarrolla la enfermedad sería definir qué se entiende como tal. El Diccionario Terminológico de Ciencias Médicas la define como *la pérdida de salud* y también como *la alteración o desviación del estado fisiológico en una o varias partes del cuerpo de etiología en general conocida, que se manifiesta por síntomas y signos característicos y cuya evolución es más o menos previsible*.

Esta definición, por otra parte, nos lleva a precisar el concepto de salud, bastante más difícil. La Organización Mundial de la Salud (O.M.S.) en su Carta Constitucional (1946) la definió como "El estado de completo bienestar físico, mental y social y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades".

Para la población en general, la salud y la enfermedad serían situaciones complementarias y mutuamente excluyentes, la presencia de una condicionaría la ausencia de la otra.

De las definiciones anteriores podemos deducir que las cosas no son tan fáciles y continuamente se están revisando estos conceptos. Una persona puede sentirse bien, estando enferma o al revés, aunque esto último sería más discutible. Hoy en día la tendencia es hacia un concepto de salud-enfermedad mucho más dinámico donde en función del bienestar, malestar y capacidad de funcionar se hable de una u otra.

La fácil comprensión de los manuales de educación sanitaria, presentes en todas las librerías de medinica, hacen recomendable su lectura a la población en general, y a los estudiantes, en particular.

EL PARADIGMA DE LAS ENFERMEDADES INFECCIOSAS:

El acoso al que se ha visto sometida la humanidad a lo largo de su historia por las enfermedades infecciosas las ha convertido en el paradigma de la descripción, análisis, control y a veces erradicación de todas las afecciones. No en vano, todavía en 1990, las infecciones constituían la primera causa de mortalidad en el mundo, previéndose al día de hoy sean desplazadas de los primeros puestos en el año 2020 por las enfermedades cardiovasculares, la depresión y los accidentes de tráfico. En todo caso, siempre serán un enemigo en potencia al que de ningún modo podemos bajar la guardia ni los profesionales de la Medicina, ni el resto de la población.

Existen tres aspectos en el estudio de las enfermedades infecciosas a resaltar para entender el contexto en el que se procucen todos los procesos morbosos.

- El primero lo constituyen los tres elementos necesarios, para que se produzcan las enfermedades infecciosas. Estos son: el agente causal -la bacteria, el virus-, el medio de transmisión -los objetos, el aire, el agua- y la población

susceptible -la persona capaz de enfermar-. Por supuesto en Medicina nada es exacto y a veces ocurre, como en el caso de la Rabia, que el mero contacto con el virus produce la enfermedad, pero no es lo habitual.

La aplicación de este primer concepto a otros padecimientos como pueden ser el de las drogodependencias nos llevaría a la siguiente reflexión: Las drogas y el alcohol existen como agente causal, el medio -los bares, locales donde se venden- también, y cómo no la población susceptible- todos aquellos jóvenes, fundamentalmente, que no sean capaces de controlar su consumo o abstención-. En este contexto, y desde esa triple óptica tendremos que actuar para resolver o paliar el problema.

- El segundo aspecto a resaltar, muy relacionado con el anterior, lo constituye el concepto infección y el de enfermedad infecciosa. El primero, es el simple contacto del organismo con el agente causal, sin que la persona llegue a sufrir la enfermedad aunque el germen esté en él. Esto es debido a que las resistencias del huésped, -el sujeto contagiado- son capaces de impedir la multiplicación y difusión del microbio. Sirva de ejemplo por lo que de actual pueda tener el apunte, lo que en algunas epidemias de meningitis meningocócica sucedía: el 80% de los médicos y sanitarios del hospital de referencia llegaban a tener el Meningococo en su garganta y no padecieron la Meningitis. Idéntica explicación podríamos dar para las personas que teniendo familiares enfermos no la sufren.

También aquí podemos profundizar en nuestras aplicaciones al mundo no infeccioso. Una persona puede cargar con un objeto pesado y herniarse y otra cogerlo a continuación y no pasarle nada, quizás por su mayor resistencia o simplemente por la habilidad para elevarlo. Caemos de lleno en la tolerancia del organismo humano y su mente. Sirva de ejemplo nuevamente el alcohol, por el arraigo en nuestra cultura. Los orientales, por un defecto enzimático metabolizan mal el alcohol y sufren sus consecuencias mucho antes que nosotros. Tampoco hace falta ir tan lejos, las mujeres tienen una resistencia bastante menor al alcohol que los hombres. En la mujer el equivalente a poco más de tres vasos de vino (24 g. de alcohol) diario durante diez años conlleva un alto riesgo de cirrosis, en el varón la cifra es de 40 g. Huelga el comentario de otros efectos que son mucho más precoces. En definitiva, es bueno saber que no todos soportamos lo mismo, lo que para unos puede ser inocuo, para otros puede ser nefasto, máxime, como en no pocas ocasiones sucede, si simultáneamente coinciden más de un problema de salud o de otro tipo.

- Otro concepto a tener en cuenta es el ciclo de Edgar Mayer de las enfemedades infecciosas. Todos estos procesos pasan por tres períodos una vez que el agente causal penetra en el organismo: el periodo de invasión, el de estado y el de convalecencia, este es la fase de resolución cuando no hay óbito. La tendencia es siempre a repetirlos tanto si hay intervención médica como si no. Este ciclo es casi una constante en las enfermedades infecciosas agudas, se repite en muchas no infecciosas y la mayoría de los fenómenos naturales o sociales tienden a seguirlo, tanto si es una catástrofe, una epidemia o una huelga. De ahí su importancia para posicionarnos en cuál es la situación de los hechos y su contexto.

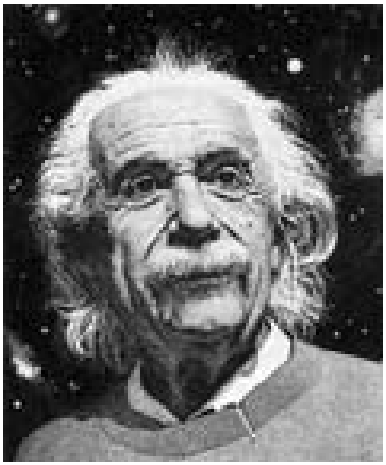
CONCLUSIÓN:

En este apartado, decir que la educación sanitaria no tiene mucho sentido fuera del contexto biológico o social de las personas, pues para que fructifique tenemos que estar motivados, y esta motivación sólo emerge cuando el problema lo tenemos encima. Como anécdota, comentar que en la extinta Unión Soviética se obligaba a los médicos a media hora de educación a los pacientes que tenían en la consulta. En España, es práctica habitual de los médicos de cabecera en el transcurso de la misma.

En el contexto biológico o social de las personas hay factores que no podemos modificar como son: la edad, el sexo en principio, etc. que se comportan como auténticos marcadores de riesgo, pero otros, la mayoría, como el alcohol, drogas en general, tabaco, trasnochaje excesivo, bajo consumo de frutas, etc. dependen mucho de nosotros, de nuestra propia autoestima, y por tanto modificables.

En el siglo XXI, sin duda, se hablará mucho del modelo matemático de factores de riesgo, en base al cual se podrá hacer el diagnóstico de predicción de muchas enfermedades o problemas sanitarios, lo que se podría definir como Medicina Predictiva Clínica, pero eso ya escapa de las pretensiones de este artículo que solamente quería evidenciar la importancia que para la enfermedad tiene el contexto biológico, social, etc. en el que se produce.

LAS DISTINTAS BIOGRAFÍAS DE A. EINSTEIN



Juan Macías García
Dr. en Químicas e Inspector de Educación.

Las biografías científicas nos descubren aspectos inéditos de la vida, las ideas y la personalidad de aquellos científicos que con sus descubrimientos hicieron aportaciones profundas a la humanidad.

Albert Einstein es probablemente el hombre de ciencia más famoso del siglo XX. Es extraordinario el interés que ha despertado entre los biógrafos a menos de cincuenta años de su muerte y numerosas las semblanzas que sobre él se han hecho.

Hay biógrafos que se han orientado a señalar aquellos aspectos más positivos de su vida, de su personalidad y de su obra científica; otros destacan facetas humanas y filosóficas a las que fue tan propenso; y hay unos pocos que resaltan los aspectos negativos de la personalidad del célebre científico. Unos y otros son necesarios para hacernos una idea más cabal de la forma de ser del genial científico.

El conocimiento de la vida de una persona que en mayor o menor grado ha conseguido cierta notoriedad ha despertado siempre curiosidad. La biografía fue conocida ya en la antiguedad más remota, si bien este vocablo no se emplea hasta el siglo XVII. En su origen la historiografía de la existencia individual se centraba en individuos que dirigían o componían las familias, las tribus y los pueblos de los primeros tiempos de la civilización, y fueron transmitidas en formas elementales por tradición oral o bien esculpidas en las paredes de las mastabas, a veces incluso en estelas o estatuas. Con el tiempo este género literario autónomo fue variando, se pasó del relato cronológico de una personalidad, política o artística generalmente, a considerar no solo actos de la vida de un personaje de transcendencia histórica, sino también la exposición y análisis de su psicología y carácter.

La biografía científica constituye un tipo de libros que proporciona aspectos de la vida, las ideas, los hechos y descubrimientos de una serie de seres que han dejado indelebles para la eternidad sus huellas profundas por sus aportaciones a la humanidad.

Una de estas personas, que hasta hace poco más de 40 años ha estado con nosotros, es *ALBERT EINSTEIN*, sin duda, el hombre de ciencia más célebre de nuestro siglo.

Numerosos son los autores - *Dank, M.* (1983); *García Camarero, E.* (1991); *Hoffman, B.* (1988); *Merleau-Ponty, J.* (1994); *Pais, A.* (1984); *Papp, D.* (1979); *Seeling, C.* (1968), etc. - que han dedicado parte de su tiempo a describir animados relatos sobre la vida y obra de este célebre científico, algunos de ellos novelados - *Michelmore, P.* (1973) y *Portillo, C. del* (1978) -, otros escritos para programas de radio (*Whitrow, G.J.*, 1969) o para la televisión (*Griblin*, J.F., 1984), que ponen de manifiesto el interés que este hombre ha suscitado.

Gracias a estos trabajos sabemos aspectos interesantes de su vida. Así conocemos que al nacer la parte posterior de su cabeza era tan grande y angulosa que sus familiares creyeron que era deforme. Como Newton no dio señales tempranas de genio. Por el contrario, fue lento en aprender a hablar, tuvo que vencer un problema de dislexia, hasta el punto que sus padres temieron que aquel chiquillo gordo pudiera ser retrasado mental.

Como escolar no fue ni bueno ni malo. Su punto débil era su mala memoria, sobre todo cuando había que memorizar palabras

y textos. Solo en matemáticas, física y filosofía se adelantó a muchos de sus compañeros.

De su época de estudiante se pueden leer múltiples anécdotas.

Respecto a su negativa a aprender las lecciones de memoria y conformarse con las explicaciones poco satisfactorias de sus profesores de instituto está la siguiente:

- Uno de estos profesores cansados de la insaciable curiosidad de Einstein, siempre tenía alguna pregunta que no estaba en el texto, le dijo que prefería que no volviera más a su clase. A lo que el jóven le respondió:

"Yo no tengo la culpa que me manden, señor. Si por mi fuera, creáme que tampoco vendría a perder el tiempo...".

De su paso por el Politécnico de Zurich y relacionada con su gran afan de independencia se cuenta esta otra:

- Con el profesor de prácticas de Física, Jean Pernet, tuvo, como con otros docentes, serios disgustos. Hacía caso omiso a las indicaciones que se le ordenaba para la resolución de problemas, tiraba a la papelera la hoja de instrucciones que se le entregaba, y resolvía los ejercicios a su manera, siempre por caminos distintos a los prescritos. J. Pernet preguntó indignado a su ayudante:

"¿Qué piensa usted de Einstein? ¡No hace las cosas como yo he mandado!"

A lo que el ayudante respondió:

"¡En efecto, señor profesor! Pero sus soluciones son correctas y los métodos que emplea siempre resultan interesantes"

Por sus biógrafos conocemos que terminados sus estudios de matemáticas y física pasó meses de penurias económicas hasta conseguir un empleo en la Oficina Federal de Patentes de Berna como experto técnico de tercera clase, con un sueldo modesto. A partir de ese momento sus investigaciones científicas le convertirían en el prestigioso hombre de ciencia que alcanzaría el Nobel de Física en 1921, por el descubrimiento de la ley que rige el efecto fotoeléctrico.

Casi todos los trabajos que prestan más atención a dar cuenta de detalles biográficos que de su obra científica indican que fue profesor en Zurich, Praga, Berlín, Leyden y finalmente Princetown, donde fue director del Instituto de Estudios Superiores; que fue Doctor Honoris Causa por varias Universidades y que impartió múltiples conferencias en diferentes países.

Los que inciden en su *personalidad* señalan que A. Einstein era una persona de gran complejidad. Fue esencialmente un hombre perseverante, independiente, autosuficiente, dotado de un gran sentido del humor (bastante mordaz), modesto (pero no humilde), carente de todo tipo de convencionalismo (desdeñaba la ceremonia y vestía de forma descuidada) y de una bondad básica (se adhería a cualquier causa humanitaria que recabase su firma y siempre intentaba ayudar a colegas en aprietos políticos o económicos).

Su personalidad fue tensada por la filosofía, aunque él no se consideraba a sí mismo un filósofo. Estudió escritos filosóficos toda su vida y debatió con los hombres más importantes de su tiempo en este terreno la filosofía de la ciencia.

Inspiró tanto amor como respeto. Tras la mitología que envuelve su figura, se encuentra la historia de un hombre que fue el centro de los debates más importantes de su época. Como si fuera el sabio consejero de la humanidad, se le consultó acerca de todo. Sus convicciones eran en:

- *Política*: La orientación política de Einstein, que por su sencillez puede ser calificada como izquierdista, derivaba de su sentido de justicia, no de aprobar un método o compartir una filosofía. Escribió en favor de un socialismo democrático.

- *Religión*: Era partidario de un teísmo particular. Creía en el Dios de Spinoza, que es idéntico al orden matemático del universo. No creía en un Dios personal que se preocupe del bienestar y los actos morales de los seres humanos, si en un Dios que es el orden intelectual del universo.

- *Nazismo*: Enemigo irreconciliable de los nazis, nunca perdonó a los alemanes que le confiscaran sus bienes, pusieran precio a su cabeza y gasearan a dos primas suyas en campos de exterminio.

Algunos autores cuentan que la ciudad alemana de Ulm, donde nació el 14 de marzo de 1879, dio su nombre a la calle en la que vino al mundo, cuando el científico alcanzó el Nobel de Física. Con la subida de Hitler al poder fue rebautizada, en 1933, con el nombre de Fichte, filósofo del nacionalismo alemán, para volver a llamarse Einsteintrasse desde 1945. En pleno apogeo nazi ofreció un concierto de violín, "su tesoro más valioso", en Nueva York a beneficio de los científicos huidos de Alemania.

- *Sionismo*: Apoyó a la causa sionista y recabó fondos entre la acaudalada colonia judía americana con lo que atender a la

creación del Estado de Israel y de la Universidad Hebrea de Jerusalén. Se le ofreció en 1952 la Presidencia del Estado, que declinó con estas palabras: "...me entristece y me avergüenza a la vez decir que no puedo aceptarla".

- *Guerra/bomba atómica*: Participó en la construcción de las primeras bombas nucleares como elemento disuasorio de la guerra y como anticipación a que la Alemania nazi llegara a descubrirlas. Es éste uno de los episodios más difundidos y poco comprendidos en la vida de Einstein. El siempre deseó los usos pacíficos de la energía atómica.

- *La paz*: Amante de esta, desde pequeño sintió aversión por lo militar. Tomó parte en la fundación de la asociación pacifista alemana para la Defensa de los Derechos del Hombre; escribió, en 1915, un Manifiesto pacifista que rubricaron muy pocos intelectuales, y diez años después, firmó, junto con Gandhi, otro contra el servicio militar; luchó por la paz y desarme como reacción a la demencial guerra europea y se arrepintió de haber contribuido a la construcción de la bomba atómica cuando Truman ordenó usarla contra Japón. Fue entonces cuando declaró: "si me fuese dado vivir por segunda vez, eligiría el oficio de fontanero".

De persona tan célebre no falta la biografía "negra" que revela aspectos negativos de su vida familiar que contrastan con la buena imagen que se tiene de él - *Highfield, R.* y *Carter, P.* (1996) -. En ella se descubre que tenía mal genio, especialmente en casa, que su comportamiento rayaba en lo tiránico y que resultó un ser ingrato que anuló la contribución de su primera mujer, Mileva Maric, científica, al

♦♦

Newton no dio señales tempranas de genio. Fue lento para aprender a hablar y tuvo que vencer un problema de dislexia

♦♦

Nobel, con quién tuvo una hija, Lieserl, nacida un año antes de la boda, que fue entregada muy pronto a padres adoptivos y nunca volvió a saber nada de ella. Posteriormente abandonó a Mileva, 1919, después de haberle dado dos hijos: Hans Albert (que fue ingeniero) y Edward (cuyos trastornos emocionales por la separación de sus padres le llevaría al internamiento en una clínica psiquiátrica, cuando había comenzado a estudiar medicina, de los que no se recuperaría), por su prima Elsa, que se convirtió en su segunda esposa.

Su obra científica, 300 trabajos científicos y 153 sobre temas no científicos, es abordada por autores como: *Bidon, C.* (1978); *W. Heisenberg* (1980); *Grünbaum, A.*, *Eddington, A. S.* y el propio *Einstein* (1938); *Pyenson, L.* (1990), etc.. Considerada revolucionaria y desconcertante por muchos de sus coetáneos, abarcó una multitud de problemas difíciles y profundos durante medio siglo. Su contribución a probar la existencia de átomos y moléculas, de la que había duda hasta entonces, la interpretación del efecto fotoeléctrico basada en la hipótesis de los fotones o cuantos de luz, el establecimiento de la teoría estadística del movimiento browniano, la construcción de la teoría de la relatividad restringida, más tarde ampliada hasta formar la teoría general de la relatividad, y su cooperación al desarrollo de la mecánica cuántica lo confirman como el "señor" de la Física Moderna.

Einstein fue en sus comienzos un gran desconocido. Es a partir de 1960 cuando los físicos experimentales, astrónomos y matemáticos empezaron a sacar rendimiento a la teoría general de la relatividad y, por tanto, a apreciar sus múltiples contribuciones al saber.

Para tener un conocimiento serio de la forma de pensar y del desarrollo intelectual de este filósofo-científico es indispensable la lectura de sus libros: *Notas autobiográficas*, *Mi visión del mundo* y *Mis ideas y opiniones*.

Pocos son los hombres de ciencia que en tan poco tiempo, alrededor de cincuenta años, han conseguido como él que tantas personas expongan, parcial o totalmente, aspectos intimistas de su vida y sus logros científicos.

A. Einstein murió la mañana del 18 de abril de 1955. Donó su cuerpo a la ciencia. Los médicos sólo necesitaron su corazón y su cerebro. Del cerebro se conserva una pequeña parte en formaldehído, y el resto en finas láminas de celuidinas, un material transparente que permite su estudio al microscopio. Estos sesos no han dejado de investigarse. El resto fue incinerado y sus cenizas esparcidas en las aguas de un río, después de una ceremonia sencilla y anticonvencional como había sido su vida.

Como dice su biógrafo y amigo Abraham Pais: *La Ciencia, más que ninguna otra cosa, fue para Einstein su vida, su devoción, su refugio, y la causa de su imparcialidad. Para entender al hombre es necesario seguirle en su manera de pensar y hacer ciencia*.

JULIO VERNE... ¿UN ESCRITOR DE JÓVENES?

Ana Pérez Merchán
Profesora de Enseñanza Secundaria.

Julio Verne es el autor francés más editado pero su fecundidad ha quedado recortada al encasillarlo en la literatura para adolescentes y jóvenes. Cuando Verne es leído en la adolescencia fecunda sin duda el alma buscadora de los muchachos, pero en la edad madura pueden encontrarse en su obra respuestas al progreso científico, a su impacto en la naturaleza y a los efectos en la conciencia del ser humano.

Julio Verne es un autor guillotinado y, si no, recortado, podado. Siendo como es el autor francés más editado, no por eso podemos dejar de decir que es un autor al que en parte se ha esterilizado. Su fecundidad ha quedado recortada al encasillarlo en la literatura para adolescentes y jóvenes. No se le ha reconocido su rango literario a secas, por el valor de la forma de sus obras, por su escritura interna, por el valor semántico de sus contenidos. Cuando en la adolescencia es leído, fecunda sin duda el alma buscadora de los muchachos, pero en la edad madura pueden encontrarse en su obra respuestas al progreso científico, a su impacto en la naturaleza y a los efectos en la conciencia del ser humano. La perspectiva de un lector formado, de un universitario, puede encontrar en él un *filósofo de la ciencia*.

Nadie puede negar el embrujo que causan sus obras y la magia de que están dotadas. Julio Verne en cada novela utiliza una varita hechizadora para cautivar y quedarse con el lector. Ello se ve más claro si se tiene en cuenta que los cometidos científicos de sus obras estaban superados por la ciencia en el momento de publicarse. Conviene desmitificar en este punto la visión de adelantado de la ciencia que suele tenerse de Julio Verne. Miguel Salabert, siguiendo a Michel Serres, afirma que está comprobado que Verne iba a remolque de la ciencia y que utilizaba para sus obras textos de divulgación. No son, pues, sus fuentes de información el manuscrito inicial de algún invento o teoría. No puede residir el atractivo de su obra en el alcance profético respecto a la ciencia. Tiene que haber otros ingredientes en su obra novelística que produzcan ese encantamiento en los lectores, sobre todos los jóvenes, cuando siguen leyendo un siglo después novelas cuyos contenidos están super rebasados por la tecnología y por los hechos.

RELECTURA DE VERNE

Por eso conviene releer a Verne en la edad madura para encontrar dónde reside su gancho y su poder para captar la voluntad del lector. Nadie puede discutirle sus valores como educador de la juventud y como escritor de aventuras para niños, pero hay que restar valor a su presentación como anticipador de la ciencia, como divulgador de sus hallazgos. Lo de profeta de la ciencia le queda muy ancho y al mismo tiempo nadie puede negarle su carácter de animador científico y de propiciar en cada lector un caldo de cultivo donde germine la afición a la ciencia. Si estas antítesis son ciertas, ¿qué es lo que ha hecho mantenerse en candelero a lo largo de los años?.

El mismo Verne confesaba: *Me siento el más desconocido de los hombres*. Ahí está la paradoja de ser el autor más publicado de Francia

y apenas aparecer más que en alguna historia de la literatura. Verne pedía para sí otro tratamiento tanto de la crítica como de los lectores que lo encasillaban y que lo encasillan en la literatura de evasión, en las novelas de aventuras o en el subgénero de la ciencia-ficción.

LA ADMIRACIÓN DE LOS CREADORES Y LA VISIÓN DE LOS CRÍTICOS

Este maleficio no lo rompieron ni la admiración de Gautier, Raymond Roussel, Alfred Jarry, Paul Claudel entre sus paisanos; ni la de Tolstoi, Turgueniev o Gorki entre los rusos; ni la de Kipling, ni el testimonio de Le Clezio que afirmaba que las escenas de la obra de Verne "*son para mí tan importantes como los mitos, como las imágenes de la poesía homérica*". Es legión la de sus admiradores: Mauriac, Cendrars, Saint-Exupery, Georges Neveux, Claude Roy, Jean Giono... Otros reconocen la influencia ejercida en su obra: Huyssmans, Rimbaud, Villiers de L'Isle Adam. Es cierto que puede uno discrepar en parte de afirmaciones como la de Le Clezio o de la posición de Roussel que veía en Verne el genio más grande de todos los siglos. Pero unos y otros no lograban borrar ese marchamo de anticipador-pregonero que encasilla la obra de Verne a pesar de poner de manifiesto que lo fundamental de la producción del autor de *Viajes Extraordinarios* es el valor poético de epopeya moderna que sobrevive a la superación de la ciencia y de la técnica.

La crítica estructuralista descubrió la otra dimensión, la literaria, la de pura literatura de la obra verneniana. Roland Barthes y Michel Foucault pusieron de manifiesto sus códigos temáticos, sus sistemas de signos y referencias, el esqueleto de sus contenidos, sus arquetipos míticos y culturales. Cierto que tanta simplificación y esquematización no satisfizo a quienes creían que tanta atemporalización y descarnamiento hacían perder fuerza difusiva e impacto a la obra de Verne.

Pero el testimonio vivencial de los escritores y el estudio desapasionado de los críticos ayudó a centrar el alcance de la obra de Verne para que al menos las personas formadas puedan ver que en ese subgénero del relato de aventuras subyace un mundo poético y simbólico, propio de la mitología. Su obra aparece como una epopeya moderna al encontrarse férreamente unida a la historia de su tiempo, historia global y cósmica. ¿Es realmente un mitólogo, como afirman algunos?.

LOS TRES PUNTOS FUERTES DE VERNE

En tres podríamos cifrar los puntos fuertes de la obra de Verne que normalmente han sido pasados por alto por el lector medio:

1.- El profundo enraizamiento en su tiempo, en las coordenadas históricas.

2.- La aparición como personajes literarios de los agentes de la edad moderna: científicos, investigadores, ingenieros y constructores.

3.- Su talla de novelista: originalidad en los temas y planteamientos, maestría en el manejo de la intriga, facilidad en exponer sencillamente las complicadas teorías científicas, dominio de la técnica narrativa.

En cuanto al primer punto, el autor de *Viajes a los mundos conocidos y desconocidos* -así suele apellidarse el conjunto de su obra-, aporta a la literatura una visión de la tierra y del universo creado nunca realizada, reflejo perfecto de las inquietudes científicas y empíricas de su tiempo que tiene una honda expansiva universal y es asumible por los hombres de cualquier continente. Conjuga, pues, la incardinación en su sincronía con la superación del tiempo y del espacio que le rodea. Su perspectiva es la cosmovisión que sólo en nuestro siglo ha podido desarrollarse y experimentar. Su visión y descripción sistemática del mundo tiene mucho que ver con la Cosmología, disciplina global y filosófica que viene perfeccionándose desde Aristóteles.

♦♦

"Verne aporta a la literatura una visión de la Tierra y del Universo creado nunca realizada, reflejo perfecto de las inquietudes científicas y empíricas de su tiempo"

♦♦

EL FILÓSOFO DE LA HISTORIA

Es en este plano donde aparece su carácter previsor, anticipador del futuro, precursor incluso de tecnologías..., pero también de la evolución musical e incluso profeta de movimientos políticos de nuestro siglo XX. Y es aquí donde se esconde la cara más desconocida de Verne y la que puede enriquecer y sorprender a un lector maduro. Sin duda Verne es un defensor y promotor del progreso que llevaría al hombre, mediante la ciencia, a dominar y some-

ter la naturaleza a los fines, nobles, del hombre. Pero también él es consciente y avisador de que la ciencia puede quedar sometida a las potencias del dinero, que se puede poner al servicio del poder político y que puede ser instrumento de alineación. Estas reflexiones, propias de un filósofo de la historia, están desgranadas en sus obras y el optimismo progresista se va transformando poco a poco en pesimismo o al menos en un escepticismo amargo respecto a la propia ciencia y la perfectibilidad humana.

Él anuncia que el científico puede caer en la inconsciencia, en un moralismo libertario, en un capitalismo industrial que produzca medios de destrucción de la humanidad. Si alguién lo duda puede leer sus obras póstumas *El eterno Adán* (1910) y *La misión Barsac* (1920). Lo de verle como un autor de evasión, de aventuras, de mago del futuro es la manipulación, el recorte o falsificación que ha tenido su obra. El lector avispado puede encontrar en Verne referencias a la perversión del colonialismo, a la aparición del apartheid, a que habría tres potencias dominadoras del mundo (Estados Unidos, Rusia y China) y a ver muy cerca la llegada de un artefacto destructor del hombre como la bomba atómica y la aparición de ideologías fascistas que tendrían como cohorte a la ciencia. Estuvo en tal sincronía con su tiempo y analizó tan bien su presente vital que desde éste pudo prever el futuro. Podríamos hablar incluso de que proyectó una ética del futuro, como haría uno de sus seguidores y admiradores, H. G. Wells, de quien se cumplen los cincuenta años de su muerte. Wells se dedicó, además de escribir novelas como *La guerra de los mundos*, a desarrollar una utopía sociológica para desahogarse del pesimismo que le producía el mal uso que del progreso técnico estaban haciendo los hombres.

♦♦

"Las perspectivas de un lector formado, pueden encontrar en Julio Verne un filósofo de la Ciencia"

♦♦

APORTACIÓN A LA LITERATURA

En cuanto al segundo punto, la presencia en la novela como seres de ficción de investigadores, científicos de laboratorio, ingenieros de todo orden, técnicos especializados supone un enriquecimiento de los personajes del relato literario. Abre, así, la puerta de la novela a personajes que posteriormente van a dar mucho juego. Estos protagonistas representan las fuerzas del progreso de la humanidad, el ingenio racional y el trabajo especializado. Por estas causas, sin duda, la producción de Julio Verne tuvo un éxito arrollador durante los años del consumismo político en Rusia ya que en sus obras veían prefiguradas las teorías de Marx sobre el dominio y aprovechamiento de la naturaleza mediante la técnica y el trabajo humano. Igualmente sus descripciones de máquinas e ingenios técnicos que más tarde serían realidad constituyen una aportación novedosa a la novela.

Finalmente, su talla como novelista. Nadie puede negarle la pericia en la construcción del relato, la sabiduría en manejar la intriga y la mezcla equilibrada de humor y seriedad, aquél para captar al lector y ésta para exponerle sus teorías científicas. Ciertamente su estilo es desigual y, para muchos gustos, no suficientemente afinado (algo normal en quien produce mucho y escribe por encargo), pero tiene la ventaja de adecuarse al ritmo de la descripción y de la narración.

En cuanto a sus personajes podemos decir que no aguantan comparación con los personajes de los grandes novelistas decimonónicos franceses. Es cierto, pero también lo es que los héroes de esta epopeya científica y técnica no se conocen tanto por su psicología cuanto por sus acciones. En todo caso, cabe preguntarnos por qué suscitó la admiración y entusiasmo de los grandes novelistas rusos ya citados, por no hablar de sus compatriotas, y por qué para las historias de la literatura, incluidas las francesas, pasa desapercibido.

No conviene tampoco ver a Julio Verne como una avanzadilla de la ciencia-ficción ya que este subgénero ha caído en una entelequia. Las obras de Verne responden a un intento de recoger las inquietudes personales y sociales de su época, una época en que desde la ciencia experimental se adivinaba un mundo industrializado y tecnificado. Con minuciosidad realista no hacía sino fotografiar los deseos del hombre y su perspectiva de futuro.

Julio Verne durante una centuria ha sido uno de los autores más leídos pero, como dice Salabert, "*es el peor leído*". Los lectores de los llamados "libros de aventuras" se quedan normalmente con la peripecia, persiguen la intriga, buscan el desenlace, pero pasan como sobre ascuas por las descripciones, por las digresiones, por las reflexiones. Todo el mundo simbólico, la crítica social, el contrapunto filosófico, el marco ético es orillado por el lector medio. Por eso no está demás volver a las lecturas de la infancia y de la adolescencia con una intencionalidad cualitativamente diferente hasta encontrarse con el mensaje profundo de la obra de Verne.

PARA SEGUIR LEYENDO

Además de la bibliografía recogida o citada en algunos de los artículos precedentes, proponemos a los lectores un mínimo de obras de divulgación científica, que pueden servir para una aproximación a una lectura más humanista de la ciencia. La lista que sigue tiene todos los defectos menos el de pretender ser, ni siquiera, un listado mínimamente indicador de la riqueza bibliográfica en este campo. Todas las obras han sido objeto de varias ediciones, muchas veces han sido publicadas por varias editoriales y no es difícil encontrarlas en cualquier librería. El orden de las obras pretende seguir aproximadamente el de los campos a los que corresponde la sucesión de artículos de este número.

JOHN ZIMMAN: -*La fuerza del conocimiento.* Alianza Editorial
-*La credibilidad de la ciencia.* Alianza Editorial

BERTRAND RUSSELL: -*La perspectiva científica.* Editorial Ariel

J. BRONOWSKI: -*Ciencia y valores humanos.* Editorial Lumen

ERWIN SRÖDINGER: -*Ciencia y humanismo.* Tusquets editores

G. BACHELARD: -*El nuevo espíritu científico.* Editorial Nueva Imagen

-*La formación del espíritu científico.* Editorial Siglo XXI

G. S. STENT: -*Las paradojas del progreso.* Editorial Alhambra

EDGARD MORIN: -*Ciencia con consciencia.* Editorial Anthropos

MAX Y EDWIN BORN: -*Ciencia y conciencia en al era atómica.* Alianza Editorial

MARTIN GARDAMER: -*Izquierda y derecha en el cosmos.* Alianza Editorial

-*Carnaval matemático.* Alianza Editorial

-*Nuevos pasatiempos matemáticos.* Alianza Editorial

LEWIS CARROLL: -*Alicia a través del espejo.* Alianza Editorial

RAYMOND SMULLYAN: -*¿Cómo se llama este libro?* Editorial Cátedra

-*La dama y el tigre.* Editorial Cátedra

R. TATON: -*Historia de la ciencia.* Editorial

-*Causalidad y accidentalidad en los descubrimientos científicos.* Edit. Labor

SILVIO RODRÍGUEZ: -*La ilusión lunar.* Tribuna de Astronomía

ILYA PRIGOGINE/ISABEL STENGER: -*La nueva alianza.* Alianza Editorial

ILYA PRIGOGINE: -*¿Tan sólo una ilusión?* Tusquets editores

BERNARD D'ESPAGNAT: -*En busca de lo real.* Alianza Editorial

ALBERT EINSTEIN Y L. INFELD: -*La física, aventura del pensamiento.* Editorial Losada

ALBERT EINSTEIN: -*Mi visión del mundo.* Tusquets editores

-*Notas autobiográficas.* Alianza Editorial

W. HEISEMBERG: -*Más allá de la física.* Editorial Biblioteca de Autores Cristianos

THEO LOBSACK: -*El aliento de la tierra.* Editorial Labor

-*Continuidad y discontinuidad en la física moderna* Editorial Espasa Calpe

-*La física nueva y los cuantos.* Editorial Espasa Calpe

W. HEISEMBERG: -*Encuentros y conversaciones con Einstein y otros ensayos.* Alianza Editorial

D. PAPP: -*La doble faz del mundo físico.* Editorial Espasa Calpe

ALBERT EINSTEIN/MAX Y EDWIN BORN: -*Correspondencia.* Editorial Siglo XXI

J. M. SÁNCHEZ RON: -*El origen y desarrollo de la relatividad.* Alianza Editorial

I. ASIMOV: -*Los gases nobles.* Editorial Plaza y Janés

-*La búsqueda de los elementos.* Editorial Plaza y Janés

FRED HOYLE: -*El universo inteligente.* Editorial Planeta

ERWIN SCHRÖDINGER: -*Mente y materia.* Tusquets editores

-*¿Qué es la vida?* Tusquets editores

JACQUES MONOD: -*El azar y la necesidad.* Editorial Seix Barral

I. ASIMOV: -*Vida y tiempo.* Editorial Plaza y Janés

-*Fotosíntesis.* Editorial Plaza y Janés

I. ASIMOV: -*El código genético.* Editorial Plaza y Janés

J. R. LACADENA: -*Genética y condición humana* .Editorial Alhambra

FRANCISCO J. AYALA: -*Origen y evolución del hombre.* Alianza Editorial

SIR CHARLES SRRINGTON: -*Hombre versus naturaleza.* Tusquets editores

J. HUXLEY: -*Ensayos de un biólogo.* Editorial Sudamericana

F. JACOB: -*La lógica de lo viviente.* Editorial Laia

-*El juego de lo posible.* Editorial Grijalbo

MICHAEL RUSE: -*La revolución darwinista.* Alianza Editorial

C. U. M. SMITH: -*El problema de la vida.* Alianza Editorial

CARL SAGAN: -*Cosmos.* Editorial Planeta

G. SALAT: -*Azar y certeza.* Editorial Alhambra

G. GAMOW: -*Biografía de la Física.* Alianza Editorial

STEPHEN W. HAWKING: -*Historia del tiempo.* R.B.A. Editores

REMY CHAUVIN: -*Dios de las hormigas, Dios de las estrellas.* Editorial EDAF

ISAAC ASIMOV: -*Introducción a la ciencia.* Editorial Plaza y Janés

-*El electrón es zurdo. Y otros ensayos.* Alianza Editorial

JAMES WATSON: -*La doble hélice.* Editorial Salvat

JOHN GRIBBIN: -*En busca de la doble hélice.* Editorial Salvat

E. O. WILSON: -*Sobre la naturaleza humana.* Fondo de Cultura Económica

HELEN E. FISHER: -*El contrato sexual.* Editorial Salvat

RICHARD ALEXANDRE: -*Darwinismo y asuntos humanos.* Editorial Salvat

RICHARD DAWKINS: -*El gen egoista.* Editorial Labor

G. H. KIEFFEL: -*Bioética.* Editorial Alhambra

B. F. SKINNER: -*Más allá de la libertad y la dignidad.* Editorial Salvat

Hoja de Suscripción a "Puertas a la Lectura"

La Revista *Puertas a la Lectura* es el vehículo de difusión del Seminario Interfacultativo de Lectura de la Universidad de Extremadura. Como tal y dentro de las posibilidades de su tirada, se distribuye ***gratuitamente*** a Centros, Departamentos, Consejos de Alumnos, PAS, etc, de la Universidad de Extremadura, así como a una muestra de Centros de Enseñanza no universitaria, instituciones culturales, bibliotecas, etc. Con todo, si Vd. desea recibir la revista en el futuro o bien números atrasados, puede fotocopiar y enviar el boletín adjunto a la dirección siguiente, y se le remitirá de forma gratuita, salvo gastos de envío:

Eloy Martos Núñez. Seminario de Lectura de la UEX. Facultad de Educación. Campus Universitario s/n, 06079-BADAJOZ.

Para otras consultas: *Tfno.: (924) 28 94 75,*
Fax: (924) 27 02 14.

Nombre y Apellidos .....

Centro de Trabajo ..... Tfno. de contacto .....

Deseo recibir la revista Puertas a la Lectura a la dirección que indico .....

.....

¿Estaría interesado/a en participar en futuras publicaciones, cursos, investigaciones, etc, del Seminario de Lectura de la UEX? .....

PRÓXIMO NÚMERO: "*Las lecturas de la Historia*". Otoño 1997

PUERTAS a la LECTURA

ARGENTARIA
BANCO EXTERIOR

CGA
COMERCIAL GRUPO ANAYA

FOTO PORTADA: CARL SAGAN • **COSMOS - EDITORIAL PLANETA**