

## A PROPÓSITO DE LAS DOS CULTURAS

*Jordi Solbes*

IES José Rodrigo Botet. Manises

**RESUMEN:** *En este trabajo presentamos algunos ejemplos que ponen de manifiesto las grandes interacciones de la ciencia con el arte, la religión, la filosofía, la literatura, etc., y las contribuciones de los científicos a las mismas finalizando con el análisis de la situación de las dos culturas en nuestro país.*

### INTRODUCCIÓN

Desde 1959, año de la publicación del libro "Las dos culturas y la revolución científica" de C.P. Snow, es un tópico referirse a la aparición en occidente de dos culturas, la de los científicos y los técnicos, y la de los humanistas, con problemas de comunicación entre ellas. Algunos "humanistas" se consideran cultos ignorando la ciencia, otros hablan de la incultura de los científicos, es decir, implícitamente están diciendo que la ciencia y la tecnología no deben considerarse cultura.

Esto revela toda una concepción de la cultura que se pone de manifiesto en muchos libros de Historia. No deja de ser curioso que en ellos se ordene o secuencia la prehistoria a partir de los materiales con los que los hombres confeccionaban sus instrumentos y de las técnicas o procesos que usaban para elaborarlos (paleolítico, neolítico, edad de bronce, de hierro), pero cuando empiezan la historia (a partir de la escritura) se olvidan de la tecnología y, aún más, de la ciencia. Es decir, olvidan la cultura material, limitándose a lo que se considera "alta" cultura, es decir, la historia del arte, de la literatura, de la filosofía, de las religiones, etc.

Por ello, el primer objetivo de este trabajo es no tanto mostrar que sin la ciencia y la tecnología es difícil comprender el pasado y aún menos el presente, como poner de manifiesto las grandes interacciones de la ciencia con el arte, la religión, la filosofía, la literatura, etc., y las contribuciones de los científicos a las mismas mediante una serie de ejemplos. El segundo es analizar la situación de las dos culturas en nuestro país.

CIENCIA Y TÉCNICA EN LA ANTIGÜEDAD.

La técnica tiene su origen en la lucha por la supervivencia y por la solución de las necesidades básicas de la especie humana y ya hay técnicas en las sociedades cazadoras del paleolítico. La primera gran revolución técnica fue la agricultura ribereña, que originó el nacimiento de las civilizaciones de Egipto, Mesopotamia, Indo y China, durante el neolítico y la edad de bronce. Cambió el nivel de riqueza de la sociedad siendo las primeras sociedades capaces de producir excedentes y, por tanto, de mantener colectivos que no producen alimentos. Cambia la organización de la sociedad: aparece la división en clases, las ciudades, el estado y las leyes.

Evidentemente las necesidades sociales no se limitan a la alimentación, vestido y techo, sino también necesidades religiosas, de control social y de prestigio. Así, la construcción de grandes edificios religiosos (desde los templos y pirámides de la antigüedad hasta las catedrales medievales), difícilmente hubiesen sido posibles sin la participación (voluntaria o no) de amplios sectores de la población. Pero a su vez reflejan y refuerzan el poder de los grupos dominantes que las hacen construir (desde el faraón y los sacerdotes hasta los señores y obispos feudales), cumpliendo así una función de prestigio. Por último, estos edificios, junto con todo el simbolismo que los rodea, funcionan como instrumentos de control social, al asegurar el consenso de las poblaciones urbanas donde se asienta.

Con dicha revolución surgen las primeras ciencias. Inicialmente las diferencias entre ellas y algunas técnicas no son claras, como lo pone de manifiesto el hecho de que las primeras ciencias (las Matemáticas, la Astronomía y la Medicina) tengan su origen en prácticas sociales como llevar cuentas, realizar medidas, construir calendarios, etc. Pero paulatinamente se constituyen como dos campos básicamente independientes (una ciencia teórica y una técnica empírica), cultivadas por colectivos diferentes, los teóricos (ya sean filósofos o sacerdotes) y los artesanos. Por último, señalar que la tradición griega es teórica y la valoración de las actividades manuales, la artesanía es muy baja, ya que se consideran actividades propias de esclavos, como se puede apreciar en los textos de Platón y Aristóteles.

En textos tan antiguos como la Odisea de Homero se mencionan ya estrellas y constelaciones y la utilidad que tiene el conocimiento de las mismas: "(Ulises) comenzó a regir hábilmente la nave con el timón,..., fijos los ojos en las Pléyades y el Boyero, que se pone muy tarde, y la Osa, llamada por sobrenombre el Carro, la cual gira siempre en el mismo lugar, acecha a Orión y es la única que no se baña en el océano. Pues Calipso, insigne entre las diosas, le había ordenado que tuviera la Osa a mano izquierda durante la travesía" (canto V, versículos 262-282).

En el texto aparecen dos papeles prácticos de la astronomía: la orientación (en la navegación y también en las grandes caravanas) y la medida del tiempo ("se pone muy tarde"). Por ello, no debe sorprender el temprano desarrollo de la astronomía (en todas las civilizaciones antiguas desde Egipto a la China). La regularidad de los movimientos celestes no podía pasar inadvertida y permite medir el tiempo, elaborar calendarios y predecir acontecimientos celestes. Algunos de ellos

coincidían con la siembra, la cosecha o el desbordamiento del Nilo, de tanta importancia para la agricultura y, en consecuencia, para la vida de los hombres. Era, por lo tanto, natural creer que los cuerpos celestes influían en los asuntos de este mundo. Esto permitía a los sacerdotes, que realizaban las observaciones y los registros de los datos astronómicos, aumentar su poder e influencia. También fue el origen de la astrología, creencia que aún subsiste en la actualidad, pese a todas las pruebas en contra, porque se basa en la necesidad humana de prever y, por tanto, controlar el futuro.

### LA REVOLUCIÓN CIENTÍFICA

En el Renacimiento se produce un acercamiento de las dos tradiciones. Los científicos se acercan a la técnica de en campos como la ingeniería mecánica, la óptica, la anatomía y la cartografía. Los técnicos (arquitectos, escultores, pintores o cirujanos) empiezan a escribir libros e interesarse por cuestiones teóricas, como la perspectiva, que tanto cambió las técnicas pictóricas en el Renacimiento.

La revolución científica supuso una nueva forma de abordar los problemas, caracterizado por la sustitución de un pensamiento basado en "las evidencias del sentido común" y en las autoridades, por uno a la vez más creativo, con las hipótesis como núcleo central y riguroso, con realización de experiencias y el uso de las matemáticas. Por otra parte, la tradición técnica inicia el proceso de transición desde el empirismo completo hasta las tecnologías plenamente basadas en las matemáticas y la ciencia aplicada. Así, muchas investigaciones científicas han tenido su origen en problemas de orden técnico (la cinemática de Galileo tiene relación con el lanzamiento de proyectiles, el magnetismo de Gilbert con la brújula). Además, el avance técnico determina con frecuencia la misma posibilidad del trabajo científico (los progresos en astronomía se vinculan a la construcción de telescopios).

La revolución científica suponía en ocasiones la ruptura radical con las concepciones vigentes, y por ello se encontró con dificultades tanto científicas como ideológicas. Un ejemplo típico es la teoría heliocéntrica de Copérnico, que fue muy atacado durante más de cien años porque rompía con el modelo geocéntrico, cuya pervivencia durante la Edad Media es una prueba más de las implicaciones sociales de la ciencia. En efecto, el modelo geocéntrico era coherente con las concepciones medievales dominantes, tanto religiosas como sociales (el feudalismo): el papel central de la Tierra en la historia de la salvación del hombre, la necesidad de un primer motor y la existencia de jerarquías naturales.

Los argumentos de tipo ideológico contra el sistema copernicano derivan de su oposición a dichas concepciones y, en último extremo, a los intereses de la nobleza y el clero. Se utilizaron, en particular, textos de la Biblia como el que afirma que el Sol se detuvo y la Luna se paró (Josué 10, 13). Estos argumentos se basaban en una interpretación literal de la Biblia, que no distinguía el mensaje de la forma literaria en que estaba escrito, fruto de la antigua cultura judaica. Esta literalidad inter-

pretativa de la Biblia se ha continuado utilizando hasta el siglo XIX en contra de las teorías científicas sobre el origen del hombre o la edad de la Tierra, como veremos más adelante.

Pero los defensores del geocentrismo no se limitaron a los argumentos, y sus oponentes fueron sometidos a persecuciones. Aunque Copérnico se libró de ellas al publicar su libro el mismo año de su muerte, Martín Lutero le tachó de loco y hereje y la iglesia católica incluyó las "Revoluciones" en el "Índice de libros prohibidos". Giordano Bruno, con su defensa de la infinitud del Universo y de la existencia de un gran número de mundos habitados, no se limitaba a sustituir el geocentrismo por el heliocentrismo, sino que eliminaba toda clase de antropocentrismo. Fue sometido a torturas para que abjurase y al no hacerlo, fue quemado en la hoguera en el año 1600.

Al publicar Galileo en latín observaciones astronómicas en favor del sistema copernicano en el libro "Sidereus Nuncius" (1610), fue advertido por la Inquisición, que le prohibió publicar sobre dicho tema. Cuando en 1632 publica su obra "Diálogo sobre los dos grandes sistemas del mundo" (1632), en italiano y en forma de diálogo, haciéndola aún hoy accesible a un público amplio, se inicia su persecución pese a su edad avanzada. Fue juzgado por la Inquisición, amenazado con tortura, obligado a renunciar a sus ideas (su abjuración fue leída públicamente en todos las iglesias de Italia) y confinado hasta su muerte en 1642 en una villa en el campo. En este encierro escribió "Discursos y demostraciones sobre dos nuevas ciencias pertenecientes a la mecánica y el movimiento global" que se publicó en Holanda, dado que en Italia sus libros estaban prohibidos. El "Diálogo" fue incluido en el "Índice", donde permaneció junto al de Copérnico y otro de Kepler hasta 1835. Esta condena de las teorías de Galileo se ha prolongado hasta la actualidad. El Vaticano no anunció hasta 1968 la conveniencia de anularla y la ha hecho efectiva en 1992.

Algunos autores presentan esta confrontación como una victoria de la ciencia, porque a partir de ella se produce el gran desarrollo de las ciencias (o revolución científica) del siglo XVII. Pero si realizamos un análisis más detenido esta consideración se verá sensiblemente matizada. En primer lugar, en los países del sur mayoritariamente católicos (España e Italia) hay grandes obstáculos como las persecuciones de la Inquisición. Incluso un siglo después de la condena de Galileo los científicos eludieron dichas persecuciones indicando que el sistema heliocéntrico era más eficaz para hacer los cálculos, pero no era un modelo de la realidad.

En segundo lugar, incluso en los países en que prosigue el desarrollo de la ciencia (Inglaterra, Holanda y Francia) se establece un claro criterio de demarcación: se acota una región inaccesible a la física, la de la pasión, la voluntad, la fe, etc., que pertenece al reino de la religión. Algunos textos fundacionales pueden ser reveladores. Por ejemplo, Descartes en la 3ª parte del "Discurso del método" renuncia a poner en duda, siendo por tanto inconsecuente con su método, las cuestiones de moral y religión, afirmando "seguir las leyes y las costumbres de mi país" y dirigirse "por las opiniones más moderadas". En los Estatutos de la Royal Society (1663) se señala que su objetivo es: "mejorar el conocimiento de los objetos natu-

rales, de todas las artes útiles, las manufacturas, las prácticas mecánicas, las máquinas y los inventos por medio de la experimentación (sin tratar de Teología, Metafísica, Moral, Política, Gramática, Retórica y Lógica)". Como señala uno de sus miembros, Thomas Spratt, "...este tema nunca nos dividió en mortales facciones, nos permitía mantener sin animosidad las diferencias de opinión".

En resumen se produce una separación entre ciencia y religión que permite el desarrollo autónomo de ésta, pero a su vez la ciencia deja de tener incidencia sobre la concepción del mundo o en las cuestiones de organización social. Es decir, una primera separación de culturas es un poco anterior.

### EL MECANICISMO Y LA ILUSTRACIÓN

La Gravitación universal, relacionó la nueva astronomía de Copérnico y Kepler con la nueva dinámica de Galileo y Newton, derribando así la supuesta barrera medieval entre el mundo terrestre y el celeste, realizando la primera unificación o síntesis de la Física clásica. Aunque introducida en el siglo anterior en 1687, fue un hito singular en la ciencia cuyo desarrollo marco durante más de dos siglos, con particular intensidad en el siglo XVIII alcanzando hasta finales del XIX. Esto produjo una extraordinaria mitificación de la figura de Newton.

La Mecánica explica fenómenos tan dispares como la caída de los cuerpos, la propagación de ondas sonoras, el movimiento de los astros o los fenómenos caloríficos, constituyéndose en uno de los pilares de la ciencia. El éxito de estas leyes durante más de dos siglos contribuyó a formar una nueva concepción sobre la materia, el "mecanicismo", que consideraba la materia constituida por partículas en movimiento sometidas a fuerzas a distancia, centrales e instantáneas. Subyacente a esta visión está la idea de que todo cambio puede, en último término, reducirse a movimientos mecánicos de las partículas que constituyen la materia. En 1812 Laplace propuso su famosa concepción del calculador divino que, sabiendo las velocidades y posiciones de todas las partículas del mundo en un instante determinado, podría calcular todo lo que había ocurrido en el pasado y todo cuando habría de ocurrir en el futuro. Esto pone de manifiesto que el mecanicismo se trata de una concepción claramente determinista (el conocimiento de las ecuaciones de movimiento de un objeto permite predecir su posición y velocidad en cualquier instante).

El mecanicismo influyó en las restantes ciencias resaltando en general el papel de la experimentación y de las matemáticas. En particular, contribuyó positivamente en la termodinámica al relacionar el calor con el movimiento de las partículas de los cuerpos; en la Química, al apoyar el atomismo, al que se oponían muchos químicos del siglo XIX, siendo defendido por la mayor parte de los físicos. En óptica apoyó al modelo corpuscular frente al ondulatorio; en electromagnetismo, favoreció los trabajos de Coulomb, Ampère, Biot y Savart, que utilizaron fuerzas a distancia. Todo esto permitió que en el XVIII se abordasen problemas más complejos y se desarrollasen nuevas ciencias como la calorimetría (Rumford,

Black), la electricidad y el magnetismo (Franklin, Priestley, Coulomb), la química (Lavoisier), la geología (Werner, Hutton), la biología (Buffon, Linneo).

Pero su influjo no se limitó a las ciencias, sino que también tuvo consecuencias en la política, la cultura y la religión, por su influencia en el pensamiento de autores destacados de la Ilustración, desde Voltaire a Kant. Así, Voltaire contribuyó a la difusión de Newton con sus "Elementos de la filosofía de Newton" (1738) y con su "Prefacio" a la traducción francesa de los "Principia" hecha por Mme. Du Châtelet. A través de dichos autores, influye en las ideas y el derecho natural de la Ilustración (la sociedad, al igual que la naturaleza, está regida por leyes "naturales", no divinas y, en consecuencia, la frase "rey por la gracia de Dios" no basta para justificar las monarquías) y, en consecuencia, en la Revolución francesa.

### LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN

La teoría de la evolución fue la que tuvo mayor impacto social en el siglo XIX. Su principal autor, Darwin, en la expedición del Beagle observó que las especies del archipiélago de las Galápagos se asemejaban a las de Sudamérica pero diferían de ellas e incluso eran diferentes de unas islas a otras. Esta variación le llevó a la idea de que las especies habían evolucionado unas a partir de otras. El mecanismo mediante el cual se había realizado esta evolución lo extrajo del éxito de jardineros y ganaderos en la creación de razas útiles de animales y plantas por selección artificial y de la obra de Malthus "Un ensayo sobre la población" (1798). Se trataba de la selección natural debida a la lucha por la existencia que permitía que las variaciones favorables se preservasen y las desfavorables se destruyesen, con el resultado de la formación de una nueva especie adaptada al medio. Wallace también llegó a la teoría de la selección natural basándose en Malthus, claro ejemplo de un descubrimiento simultáneo. En 1859 Darwin publicó el "Origen de las especies", libro muy popular desde su publicación (la primera edición se agotó en un día), no sólo por el interés del tema tratado, sino porque está escrito de forma comprensible para los no expertos.

Esta idea experimentó una gran oposición tanto científica como ideológica. La primera porque no explicaba como se heredaban las variaciones, para lo cual hubo que esperar a que se descubriese y difundiese la genética de Mendel. La segunda, debido a que se oponía al origen de las especies por creación divina y despojaba a la especie humana de su lugar privilegiado, como Copérnico había desalojado a la Tierra del centro del Universo. También la evolución al azar cuestiona la intervención continua de Dios en la naturaleza viva (como Laplace la había cuestionado en el sistema solar) y sobre todo el finalismo, es decir, el funcionamiento según leyes establecidas por el Creador y dirigidas a una finalidad, o lo que es lo mismo, la existencia de un plan del creador.

La controversia empezó ya un año después de publicado "El origen de las especies" entre Wilberforce, obispo de Oxford, y el científico Huxley. El primero continuaba utilizando la interpretación literal de la Biblia contra las teorías científicas

de Darwin sobre la evolución y el origen del hombre defendidas por el segundo. Y esto ha proseguido hasta la actualidad. Así, en EEUU se prohibió en algunos estados la enseñanza de la teoría de la evolución, lo que provocó el "juicio del mono" en 1925 en Tennessee, contra un profesor que hizo caso omiso de la prohibición y fue condenado por ello. En Arkansas y Louisiana (EEUU) era obligatorio por ley conceder un tiempo igual a la teoría de la evolución y a las tesis creacionistas hasta fechas tan recientes como 1987.

Algunos pensadores como Spencer extendieron la teoría de la selección natural a la sociedad humana viendo en la competencia entre las empresas y en el comercio libre la selección de los más aptos. Esta doctrina se denominó darwinismo social y según ella la libre empresa y el individualismo se convierten en una ley natural e inevitable y sigue actualmente presente en el neoliberalismo dominante en nuestros días. Estas ideas fueron extendidas por militaristas como Begehot y racistas como Chamberlain a la lucha entre naciones y razas, en la cual las más fuertes conquistarían a las más débiles, justificando así la esclavitud y el imperialismo militar de EEUU, Japón y diversos países europeos. Los propios biólogos no eran muy dados a estas interpretaciones. Así Darwin veía en la evolución de la humanidad el creciente dominio de los instintos cooperativos. Wallace defendía que en la lucha social nadie debería tener una ventaja injusta en riqueza o educación, todos deben tener igualdad de oportunidades. Huxley se expresaba contra la idea de que el evolucionismo diese al gobierno una excusa para pasar sus responsabilidades a la naturaleza. Estas otras versiones de la teoría fueron recogidas por algunos socialistas y anarquistas, como Kropotkin, en apoyo del principio de ayuda mutua.

La teoría de la selección natural también influyó en la eugenesia de Galton, Pearson y Davenport, es decir, en la idea de una mejora planificada de la raza humana mediante la esterilización de los individuos menos aptos. Esto, unido a la aplicación sistemática en el ejército de test de inteligencia de Binet (que ponían de manifiesto la supuesta inferioridad de negros e inmigrantes recientes), llevaron a EEUU a adoptar en 1924 leyes restrictivas de la inmigración y a finales de los años 20, una docena de estados norteamericanos adoptaron leyes eugenistas sobre esterilizaciones cuya constitucionalidad fue ratificada por el tribunal supremo en 1927. En Alemania, a partir de 1933, se publicó una ley eugenista que provocó la esterilización de cientos de miles de personas y abrió el camino a los campos de la muerte. Estos conflictos son una muestra más del papel de la ciencia en la evolución de las ideas filosóficas, religiosas, artísticas, en la legislación y en otros aspectos de la vida social.

### CIENCIA Y LITERATURA

En el Renacimiento y el Barroco empiezan a aparecer en la literatura científicos como personajes, en especial médicos, cirujanos y boticarios, por su mayor número y por su papel en asuntos humanos como la enfermedad y la muerte. El

hecho de que las matemáticas y la música fuesen las glorias de la Ilustración se puede ver en la literatura de esa época. Así, Jonathan Swift (1667-1745) en su obra los "Viajes de Gulliver" (1726), nos muestra en el tercer viaje una isla, Laputa, que se sostiene magnéticamente en el aire, habitada por hombres dedicados totalmente a las matemáticas y la música. Desde la isla volante es "Fácil... que cualquier príncipe ponga bajo su obediencia todo país situado debajo", presagiando así una ciencia, aliada natural del poder, para dominar a los hombres y a la naturaleza. De peor estima gozan los científicos naturales que, en la Gran Academia de Lagado, se dedican a extraer los rayos solares de los pepinos y a transformar los excrementos humanos en comida, invirtiendo así los fenómenos de la naturaleza. Voltaire se inspira en esta obra en su cuento "Micromegas", donde narra los viajes espaciales de ese gigante que lo traen hasta la Tierra. Esto le aprovecha para hacer una sátira de los humanos y un elogio de la ciencia, que parece ser la única cosa en que se pueden poner de acuerdo.

Johann W. Goethe (1749-1832) trató de realizar contribuciones a la ciencia. Basándose en su filosofía natural vitalista escribió una fallida teoría del color y realizó aportaciones interesantes a la morfología vegetal y humana. En las "Afinidades electivas" (1809) se basa en la idea de que las pasiones humanas entre los protagonistas escapan de toda previsión racional, al igual que sucedía con las uniones y las separaciones químicas en aquella época. Desde su vitalismo Goethe opone la actividad química al reinado de las leyes mecánicas.

En los grandes clásicos de la novela del siglo XIX (Stendhal, Balzac, Dickens, Flaubert, Dostoievski, Tolstoi, Galdós, Clarín, Oller) aparecen bien reflejadas la ascensión de la burguesía y la importancia del capital, pero la revolución industrial y el nacimiento del movimiento obrero merecen menor atención. Incluso Dickens, a pesar de que Inglaterra fue el primer país donde se desarrolló la revolución industrial, sólo trata el tema en "Tiempos difíciles" (1854). En ella toma como escenario una ciudad industrial. Es muy crítico en todas sus obras con los patronos, banqueros, políticos y jueces y perfectamente consciente de las dolorosas condiciones de vida de los obreros y otros marginados, pero piensa que la solución pasa por la caridad de los poderosos y no por la unión de los oprimidos. Hay que esperar unos cuantos años hasta que Zola escriba "Germinal" (1885), para que el industrialismo y los obreros tengan un papel protagonista. Describe la miseria física y moral de los mineros, las durísimas condiciones de trabajo en una mina, las diferentes posturas dentro del movimiento obrero (socialistas, anarquistas), una huelga y su sangrienta represión. Y si el industrialismo tarda tanto en aparecer en la literatura, cabe suponer que la ciencia, una realidad social más minoritaria, tendrá un impacto menor en la literatura. Pero no es así. Muy pronto aparecen ahí autores que presentan químicos, inventores e ingenieros.

Julio Verne (1828-1905) intentará hacer la "novela de la ciencia", es decir, una novela que incluya los avances científicos y técnicos, los viajes y las exploraciones y el dominio de los elementos (el aire y el agua). Por eso sus obras incluyen, con gran anticipación respecto a su época, viajes "De la Tierra a la Luna" (1865), viajes en submarino ("Veinte mil leguas...", 1870) o el dominio de la naturaleza por el



hombre gracias a la ciencia y la técnica, en "La isla misteriosa" (1874). A partir de su obra "Los quinientos millones de la Begun" (1879) se percibe un cambio en su visión optimista de la ciencia, que pasa de ser una de las causas del progreso de la humanidad a convertirse en algo amenazante que puede emplearse para malos fines, como la construcción de armamentos y de ciudades-fábrica, que son una premonición del nazismo. Por eso, esta obra fue prohibida por las autoridades alemanas. También el científico, héroe de sus obras anteriores, se transforma en el antihéroe perverso o loco, instrumento ciego del poder, que tanta influencia tendrá en la literatura y cine posterior.

Herbert G. Wells (1866-1946) que estudió ciencias naturales en la universidad de Londres con Thomas Huxley y se dedicó a su enseñanza de 1890 a 1893, se considera, junto con Verne, un iniciador de la literatura de ciencia ficción, con sus novelas: "La máquina del tiempo" (1895), "La isla del doctor Moreau" (1896), "El hombre invisible" (1897), "La guerra de los mundos" (1898), todas las cuales han sido adaptadas al cine.

También influye la ciencia en la obra de Conan Doyle (1859-1930). Los métodos de investigación empleados por su creación literaria el detective Sherlock Holmes se basan en el método científico positivista que se le inculcó al autor en sus estudios de Medicina. En palabras del propio Holmes en "Estudio en escarlata": "Soy aficionado tanto a la observación como a la deducción... Cuando se presenta un caso de mayor complejidad... tengo que moverme para ver las cosas con mis propios ojos", "No dispongo todavía de datos... Es una equivocación garrafal el sentar teorías antes de disponer de todos los elementos de juicio, porque así es como este se tuerce en un determinado sentido"

### LAS TEORÍAS DE LA RELATIVIDAD Y CUÁNTICA

Las primeras décadas de este siglo constituyen un período revolucionario en lo político, social, económico, artístico y científico. Baste citar como ejemplos la Revolución Rusa de 1917, que puso de manifiesto que la economía capitalista no era la economía natural, sino una de las posibles economías; los movimientos sufragistas femeninos; el nacimiento del estado de bienestar, teorizado por Keynes y realizado por F.D. Roosevelt, con su "new deal"; la aparición del psicoanálisis; el vanguardismo y el surrealismo en literatura; el cubismo en pintura; la revolución relativista y cuántica en ciencia; etc.

En este contexto, la Teoría de la Relatividad, presentada en la prensa como la teoría revolucionaria por excelencia, ejerció un gran impacto tanto en científicos como en artistas, literatos y filósofos. La Relatividad tuvo evidentes implicaciones en la percepción del espacio y del tiempo, que influyeron en pintura (por ejemplo, en la pluralidad de perspectivas del cubismo) o en la arquitectura racionalista y funcional de la Bauhaus. En literatura la influencia de la nueva visión del espacio y tiempo se manifiestan en la narración de historias desde diferentes puntos de vista o en la utilización del tiempo lento en la narrativa por autores como Vir-

ginia Wolf, William Faulkner, James Joyce o Thomas Mann. Incluso aparecen profundas reflexiones sobre el tiempo en algunas novelas como "La montaña mágica" de Mann o sobre las cuatro dimensiones en la tetralogía "El cuarteto de Alejandría" de Lawrence Durrell.

Para los científicos supuso la crisis de muchos supuestos fundamentales. De hecho, inicialmente Einstein prefería hablar de teoría de los invariantes, insistiendo en la idea de que las ecuaciones fundamentales conservan la misma forma en todos los sistemas de referencia inerciales. A partir de 1911 Einstein empieza a hablar de relatividad recordando así que los conceptos de espacio y tiempo absolutos de Newton no son válidos y subrayando el cambio que había llevado a cabo.

Hubo científicos que efectuaron la transición a la nueva mecánica sin dificultad pero para otros el cambio fue doloroso y no siempre bien asimilado. También contribuyó a que numerosos científicos escribieran libros para hacer comprensible al lector la Teoría de la Relatividad, es decir, estimuló la divulgación científica.

Al mismo tiempo ejerció un considerable impacto en el pensamiento contemporáneo. Gran número de artículos y libros que aparecieron en los años 20 y 30 utilizaron las formas de expresión relativistas para adquirir un cariz revolucionario y heterodoxo. En filosofía, Einstein habla de las aportaciones de Kant y Mach a su teoría que, a su vez, ejerció un gran influjo sobre los positivistas del Círculo de Viena y, en particular, en el falsacionismo de Popper (la ciencia no busca verificar sus teorías sino experimentos cruciales que las refuten). Filósofos como Ortega reflexionan sobre la relatividad en "El sentido histórico de la teoría de Einstein", apéndice de su libro "El tema de nuestro tiempo".

Todo esto, junto con el gran impacto que tuvo la Relatividad en la prensa, hizo que esta se convirtiera en una moda y convirtió a Einstein en el científico más famoso del mundo.

La teoría cuántica no tuvo un impacto mediático tan grande, posiblemente debido al hecho de que es fruto del trabajo de muchos científicos de diversos países, entre los que cabe destacar a Planck, Einstein, Bohr, De Broglie, Heisenberg, Schrödinger, Born, Pauli y Dirac, durante un largo periodo de tiempo, entre 1900 y 1927. Sí se hicieron eco de ella filósofos como Bertrand Russell y los neopositivistas Carnap, Reichenbach, Popper, etc. En nuestro país, el filósofo Xavier Zubiri, que no en vano había estudiado con Schrödinger, se ocupó con acierto de la cuántica en "La nueva física" (1934). También muchos filósofos marxistas reflexionaron sobre ella ya que las leyes probabilistas de la cuántica parecían entrar en conflicto con el materialismo dialéctico. Las relaciones de indeterminación de Heisenberg sacaron el debate del ámbito restringido de la filosofía de la ciencia y algunos filósofos idealistas, como Cassirer, y físicos de ideas similares, como el propio Heisenberg o Eddington, se apresuraron a capitalizar el indeterminismo en defensa de sus ideas metafísicas (el libre albedrío, la inmortalidad y Dios). Otros científicos importantes como Einstein, De Broglie o Bohm, consideraron que el azar de la teoría cuántica se debía sólo a la ignorancia provisional y que desaparecería cuando supiésemos más acerca de los cuantos, idea que está siendo descartada por los últimos experimentos.

En la URSS este conflicto entre la interpretación probabilista y el materialismo dialéctico (diamat), constituido en ideología del Estado, produjo confesiones de culpabilidad de físicos acusados de "idealismo burgués", como Frenkel y Khaikin, reediciones de libros para adecuarlos a la ortodoxia materialista y pérdida de sus cátedras de algunos físicos como Landau y Lifschitz. Posiblemente no degeneró en una persecución, como la de los genetistas, porque se pensó que esto podría retrasar la investigación soviética en física nuclear. También se produjeron incompatibilidades entre diamat y relatividad y cosmología. Hablar de Universos finitos y de radios del universo, plantea qué existe fuera. Por otra parte, las teorías de un universo en expansión implican que el tiempo tiene un comienzo, sugiriendo un momento de creación y violando la conservación de la materia. Así mismo los filósofos soviéticos se resistieron a reconocer la cibernética de Norman Wiener como disciplina científica.

### CIENCIA: UN ELEMENTO FUNDAMENTAL DE LA CULTURA DE NUESTRO TIEMPO

En las primeras décadas del siglo XX (que como ya hemos señalado fueron un período revolucionario a todos los niveles) se produce una valoración positiva de los nuevos desarrollos técnicos, provenientes de la 2ª revolución industrial, y científicos. Se valoran los efectos estéticos de la producción en serie (el diseño uniforme y la calidad en el acabado), los nuevos motores y turbinas y la aerodinámica de los vehículos que supone la culminación de una ingeniería refinada, exacta. Se contraponen la contaminación de la 1ª revolución industrial (humos y hollín) con la aparente limpieza de la 2ª que aún no había producido sus excesos automovilísticos, petroleros y químicos.

Los primeros artistas de la civilización tecnológica son los futuristas (escuela que nace en 1909 con el manifiesto de Marinetti) que exaltan la velocidad, el deporte, la civilización mecánica y las conquistas de la técnica, la máquina, el avión, la electricidad, los productos manufacturados. Uno de sus principales manifestantes fue el soviético Maiakovski.

Y aunque es un tópico hablar de la incultura de los científicos lo cierto es que algunos de estos ha realizado importantes contribuciones al arte, especialmente, la literatura. Y esto no se limita a los médicos, como sucedía en el siglo XIX, sino a químicos como Snow o Primo Levi, que en su estremecedora "Si esto es un hombre" pone de manifiesto las atrocidades de los campos de concentración nazis y cómo consigue sobrevivir gracias, entre otras cosas, a sus conocimientos. El físico A. Solschenitzin, premio Nobel de Literatura, mostró en su libro "El primer círculo" como científicos e ingenieros, prisioneros en campos de concentración, eran obligados a investigar para la URSS. En nuestro ámbito cultural no podemos olvidar al físico Ernesto Sábato, muy crítico con la ciencia; al ingeniero Juan Benet, que deja traslucir su profesión en las descripciones de *Región*; o a los médicos Pío Baroja, que en obras como "Aventuras, inventos y mistificaciones de Silvestre Paradox", "La dama errante" o "El árbol de la ciencia" contraponen la retórica, que da

éxitos en España, con el espíritu científico; Luis Martín Santos, que en "Tiempo de silencio" pone de manifiesto las difíciles condiciones del trabajo científico durante el franquismo; o Llorenç Villalonga, muestra las limitaciones del industrialismo en "Andrea Vicitrix".

La ciencia no sólo ha contribuido con autores, sino también con temas, como el de la responsabilidad moral de los científicos (en la física nuclear se plantearon temas cuyo eco resuena en los actuales debates sobre ingeniería genética), con obras como "Galileo" de Bertold Brecht o "Los Físicos" de Durrematt, o la utilización de las ciencias en la sociedad del porvenir, como en las contrautópicas "Un mundo feliz" de Huxley, "1984" de Orwell o "Fahrenheit 451" de Bradbury.

Contribuyó, así mismo, al establecimiento de un género literario, la ciencia ficción. Muchos de sus mejores autores han sido y son científicos en ejercicio como Fred Hoyle, Paul Andersson, Carl Sagan o de formación como Asimov, Clarke o Crichton. A su vez estos han enriquecido el género con nuevas ideas, que no estaban presentes en los precursores Verne y Wells, como los robots, la colonización del sistema solar (la serie "Odisea en el espacio" de Clarke) e incluso de la galaxia (la serie de "Las fundaciones" de Asimov), la ecología planetaria ("Dune" de F. Herbert) o los peligros de las biotecnologías y la ingeniería genética ("La amenaza de Andrómeda" o "Parque Jurásico", ambas de Crichton). Aunque algunos menosprecian este género recordemos que, en sus mejores obras, "es la rama de la literatura que trata de la respuesta humana a los cambios en el nivel de la ciencia y la tecnología", como dijo Asimov y que puede contribuir a difundir las ciencias y hacer más amena su enseñanza.

Pero el arte más característico de nuestro tiempo es el cine que junto con la fotografía, la televisión y el ordenador ha contribuido al desarrollo de una civilización de la imagen que, según algunos, está desplazando a la civilización de la palabra que se desarrolló con la invención de la imprenta por Gutenberg. Y, al igual que esta técnica permitió la difusión masiva de la palabra escrita, el séptimo arte debe su existencia a una acumulación de desarrollos tecnológicos que lo han hecho posible. Entre ellos hay que mencionar el descubrimiento de la fotografía por Niepce en 1826 y de la persistencia retiniana por Roget en 1824, la descomposición de un movimiento en fotografías sucesivas hacia 1880, su proyección sobre una pantalla en 1888, la película de celuloide de Edison en 1889 y sobre todo las proyecciones públicas con un aparato patentado en 1895 por los hermanos Lumière, que servía para la obtención y visión de secuencias fotográficas. Se denominó cinematógrafo y funcionaba con una manivela que arrastraba la película a un ritmo de 16 imágenes por segundo. Otros avances fueron la incorporación de motores a las cámaras, que permitió alcanzar las 24 imágenes por segundo, la incorporación del sonoro en 1926 (amplificando el sonido con triodos, utilizando el efecto fotoeléctrico para la banda sonora) y del denominado tecnicolor en 1939.

Al igual que sucede en la literatura también surge en el cine un género de ciencia ficción, adaptando novelas en muchos casos. Los primeros antecedentes se remontan a 1902, con "Viaje a la Luna", de G. Méliès y "Metrópolis" (1927), de F. Lang. No obstante, el género propiamente dicho nació en Estados Unidos duran-

te los años cincuenta, en plena guerra fría, con temas como la invasión extraterrestre (el peligro exterior), con "Ultimátum a la tierra" (1951) de R. Wise, (después de la cual, curiosamente, se inicia el avistamiento de OVNIS) o "La invasión de los ladrones de cuerpos" (1956) de D. Siegel; la colonización espacial con "Planeta prohibido" (1956), de F. McLeod, o el peligro nuclear con "¿Teléfono rojo? Volamos hacia Moscú" (1963), de S. Kubrick. A finales de la década siguiente, con la distensión, encontramos películas de crítica social como "Fahrenheit 451" (1966), de F. Truffaut; o la epopeya espacial "2001, una odisea del espacio" (1968), de S. Kubrick o "Solaris" (1971) de A. Tarkovsky, basada en la novela del mismo título de S. Lem. El género languidece siendo recuperado años después por la industria del cine desde su vertiente más espectacular en "La guerra de las galaxias" (G. Lucas, 1977), sensiblera en "Encuentros en la tercera fase" (1977) o E.T. (1982) de S. Spielberg o catastrofista en "Armagedon" y similares. A la tendencia general sólo escapan contadas excepciones como "Blade runner" (R. Scott, 1983), "Contacto" de R. Zemeckis (basada en la novela homónima de Sagan) o "Apolo XIII", que ya no es ciencia ficción sino realidad. El género es particularmente importante, por su difusión masiva, para la imagen pública de la ciencia. Posiblemente la película "Retorno al futuro" (1985) de R. Zemeckis y sus secuelas contribuyen más a la idea de científico (realimenta todos los tópicos) que las mejores series de divulgación.

Todas estas relaciones ponen de manifiesto que cultura no hay más que una y que la ciencia es un elemento fundamental de la misma. Incluso hay personas que no consideran que la de los científicos deba considerarse cultura, porque no se ocupa de los fines del ser humano. Pero ya hemos visto en el apartado de la revolución científica que la ciencia busca la verdad y la utilidad que son fines humanos. En cuanto a la belleza es necesario recordar las afirmaciones del Nobel Perutz: "La imaginación ocupa el primer lugar tanto en la creación artística como en la científica -lo que hace que haya una cultura más bien que dos-...". Por otra parte, la ciencia ha contribuido a la comprensión de fenómenos bellos: visuales (física de la visión y del color, que han permitido explicar el arco iris, las puestas de Sol o el azul del cielo), acústicos (la música), un olor agradable, etc. Por otra parte ha creado instrumentos que permiten a los artistas crear belleza: la fotografía, la reprografía, el láser, la holografía, nuevos instrumentos musicales, perfumes y un largo etc. Además, la utilización de ordenadores ha permitido crear nuevas formas bellas: de las figuras fractales a la realidad virtual.

### SITUACIÓN DE LAS DOS CULTURAS EN NUESTRO PAÍS

A lo largo de nuestra historia se observa una actitud de escaso aprecio hacia la ciencia y que se puede decir que empieza en la contrarreforma. Esta actitud se pone de manifiesto en los sectores más conservadores de la intelectualidad española en diferentes momentos de la peculiar polémica sobre la ciencia española que se produce en la Ilustración y en la segunda mitad del siglo XIX. Buena prueba de

ella es la frase dicha por uno de los ministros encargados de la educación del siglo XIX de que las ciencias "son estudios propios de las gentes del norte" o también la conocida exclamación de Unamuno "¡Qué inventen ellos!".

La actitud de la sociedad española en la actualidad respecto al tema de las dos culturas se puede apreciar en la consideración respectiva que se les otorga en los medios de comunicación y en el sistema educativo, que son las dos instituciones principales mediante las que la sociedad educa a sus miembros.

En los medios de comunicación de nuestro país es frecuente hablar de ciencia y de cultura como si de algo diferente se tratara y se puede presumir de culto sin poseer un conocimiento suficiente de los avances científicos y tecnológicos de los que depende nuestra vida cotidiana, como denunció hace unos años la Asociación de personal investigador del CSIC. A este respecto tiene interés ver la gran diferencia de criterios con que se juzga la incultura científica respecto a otros ámbitos en las noticias de prensa. Hay una gran preocupación por no incurrir en errores ortográficos o de vocabulario, con lo que, evidentemente, estamos de acuerdo. Cuando aparecen, provocan merecidas reacciones airadas en los lectores. Sin embargo, no existe el mismo cuidado (y, por supuesto, las mismas reacciones) cuando los errores corresponden a los conceptos científicos. Esto permite que se escriban disparates como, por ejemplo, "elementos químicos como los óxidos de nitrógeno". O, cuando en la entrega del Premio Universidad Politécnica de Cataluña de Ciencia Ficción 1996, un periodista preguntó al premiado: "¿Es Ud. consciente de que muchos de sus lectores, como yo mismo, no sabemos nada de física?". Como señala Miquel Barceló nadie hubiese dicho a un autor de novelas históricas que no sabe nada de historia.

Por otra parte, los medios de comunicación transmiten persistentemente desde 1995 la idea de que las humanidades están siendo desplazadas en la Enseñanza secundaria de la LOGSE por las materias científicas y tecnológicas. Esta afirmación es manifiestamente falsa, porque las materias científicas tampoco han salido muy bien paradas en el nuevo sistema educativo, y plantea la relación entre humanidades y ciencias como una controversia, como la vieja pugna entre "las dos culturas".

En cuanto al sistema educativo, nuestro país siempre ha sido uno de los europeos con menos horas de formación científica en la enseñanza secundaria. Ya en la Ley General de Educación (LGE) de 1970 en 3º de BUP se hizo que la Física y Química apareciesen unidas en una única asignatura y la Biología y Geología en otra (cosa que no sucedía en el plan del 57), siendo el único país de nuestro entorno europeo en el que esto sucede. Ya desde 1975 los profesores de ciencias reclamaron insistentemente que la enseñanza de las ciencias fuese disciplinar a esas edades, como ocurría en los países citados de nuestro entorno europeo (en algunos de ellos, como es el caso de Alemania, en ningún nivel educativo se han dado juntas la física y la química ni la biología y geología).

La situación de las ciencias no mejoró en la LOGSE de 1991, hecho denunciado en la prensa diaria y en revistas especializadas como Enseñanza de las Ciencias, Revista Española de Física, Cuadernos de Pedagogía, Alambique y en la pro-

pia Cátedra Nova (Solbes 1996 y 1998), aunque lamentablemente sin el eco mediático que tuvieron las disciplinas humanísticas. Se argumentaban que éstas estaban siendo desplazadas por las ciencias, pero esto es falso, porque ambas estaban perdiendo horas frente a la Tecnología, Música, Dibujo, Educación Física, Informática, etc. Este conjunto de materias antes tenía baja presencia en el sistema educativo que se podía compensar con actividades extraescolares en polideportivos municipales, conservatorios, escuelas de dibujo, etc. Por el contrario, las ciencias, al igual que las humanidades, sólo se pueden aprender en las escuelas e institutos, por lo que si reduce su presencia en ellos, los resultados son previsibles.

En la LOGSE y en la ESO "las Ciencias" se conciben como un área (que integra física, química, biología, geología, etc.) y en 4º de ESO son optativas. Esta situación era muy diferente en el anterior sistema educativo donde todos los estudiantes cursaban obligatoriamente Biología y Geología en 1º y Física y Química en 2º de BUP y de FP I. Las Ciencias del primer ciclo de la ESO son impartidas por profesores de EGB con una concepción de área. En 3º de ESO tanto la Física y la Química, como la Biología y Geología, disponen sólo de dos horas. En 4º de ESO la Física y Química es optativa, junto con Biología y Geología, Tecnología, Música y Plástica, de las cuales el alumno elige 2. Al competir con estas materias la Física y Química es cursada por muy pocos alumnos, menos incluso de los que eligen los bachilleratos científico y tecnológico en los que la asignatura de Física y Química es obligatoria en 1º.

En el Bachillerato, la parte común (cursada por todos los estudiantes) incluye asignaturas como la Lengua y Literatura (castellana y, en su caso, autonómica) y el Idioma extranjero, Educación Física, Historia y Filosofía, lo que constituye toda una declaración de principios acerca de cuál debe ser la cultura común de un ciudadano de nuestro país. Cuando apareció la LOGSE muchos profesores de ciencias ya señalaron en su día la dificultad de que un bachillerato de tan sólo dos años pudiese preparar para estudios científicos o técnicos posteriores con una parte común tan extensa. Recordemos que en los países cuyos bachilleratos son de sólo 2 años, como ocurre en Inglaterra, los bachilleratos tienen un carácter más específico. Esta situación se ve agravada por el hecho de que muchos alumnos que después cursan carreras como Medicina, Farmacia, Biología, Geología, Químicas e incluso algunas Ingenierías, no escogen las asignaturas de Matemáticas o Física, es decir, los alumnos no escogen las materias que necesitarán en 1º de Universidad, sino aquellas supuestamente más fáciles y que permiten alcanzar una calificación más alta en 2º de Bachillerato y en la prueba de selectividad, lo que les confiere ventajas para elegir carrera.

Desde este punto de vista, *parecía difícil que la atención prestada en el currículum a las disciplinas científicas pudiera empeorar*, pero en el decreto de humanidades esta situación de las ciencias se ha agravado incluso respecto a la que tenía en nuestro propio país en otros planes de estudio. Así, en el de 1957, en PREU el alumno cursaba 4 materias científicas: Matemáticas comunes y otras 3 que elegía entre Física, Química, Biología, Matemáticas, Dibujo Técnico y Geología. En el plan de 1975 (LGE) el alumno cursaba 4 materias científicas que elegía entre las 6 anteriores. En

el de 1991 (LOGSE) el alumno podía cursar hasta 5 materias científicas: entre las 6 de modalidad (Física, Matemáticas y Dibujo Técnico o Química, Biología y Ciencias de la Tierra y el Medio Ambiente) y las optativas, pero lo cierto es que como estas optativas también incluyen Educación Física II, Informática II, etc., que ni siquiera tienen una prueba externa, los alumnos eligen éstas mayoritariamente y sólo algunos cursaban 5 materias científicas, la mayoría 4 (como en los planes anteriores) y el resto sólo 3.

Pero el plan del 2001 (Decreto de humanidades) aumenta el horario de la parte común en 2º de Bachillerato. En concreto, se introduce una Filosofía II con 3 horas lo que se hace a expensas de una de las optativas. Y si las optativas científicas deben seguir compitiendo con Educación Física II, con Informática II, 2º Idioma, etc., está claro que los alumnos *sólo cursarán 3 materias de ciencias*, es decir, ni siquiera las 4 que antes cursaban en LOGSE, COU o PREU.

En los que concierne a la ESO, en el anteproyecto de Ley de Calidad que aparece en la página web del MEC encontramos que su tronco común estará constituido, como de costumbre, por Lengua y Literatura (castellana y, en su caso, autonómica), Idioma extranjero, Educación Física, Geografía e Historia, Matemáticas y, novedosamente, por Cultura Clásica y Biología y Geología. La Física y Química queda relegada a la optatividad junto con Tecnología, Música, Plástica y Ciencias Naturales. Resulta sorprendente el tratamiento diferente dado a la Biología y Geología respecto a la Física y Química. También parece prematuro que los alumnos elijan entre ciencias y letras en 4º de ESO.

Y aunque nos alegremos por los compañeros de Latín y de Filosofía, mucho nos tememos que su logro se ha realizado a expensas de las materias científicas y no de las materias que, como ya hemos señalado, han sido las principales beneficiarias de la LOGSE.

Por todo ello y dado que Ley de Calidad y los decretos que la desarrollan aún no han sido publicados sería necesario adoptar las medidas necesarias para impedir que esta nueva vuelta de la tuerca en la situación de las ciencias se llevara a efecto, con el fin de evitar las enormes repercusiones que tendría y que supondrían en definitiva la separación aún mayor de las "dos culturas", ya que aleja a nuestro país del logro de una alfabetización científica de todas las personas y de la incorporación de un porcentaje necesario de la población a los estudios científicos, así como de una adecuada preparación de los estudiantes para su formación científica en el futuro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Como antídotos contra la separación en dos culturas son muy recomendables los libros de literatura, filosofía y ciencia que aparecen mencionados en el texto. También algunos libros de filosofía, historia y sociología de la ciencia y la tecnología que, sin ánimo de ser exhaustivos, indicamos a continuación:



- BARNES B., 1987, *Sobre Ciencia*. Labor, Barcelona
- BERNAL J.D., 1976, *Historia social de la ciencia*, Península, Barcelona.
- CARDWELL D., 1994, *Historia de la tecnología*, Alianza, Madrid.
- CHALMERS A., 1990, *La ciencia y cómo se elabora*. Siglo XXI, Madrid.
- EINSTEIN A, NEWTON I, MACH E et al, 1973, *La teoría de la relatividad: sus orígenes e impacto en el mundo moderno*, Alianza, Madrid.
- FERNÁNDEZ RAÑADA, 1995, *Los muchos rostros de la ciencia*, Ediciones Nobel, Oviedo.
- FORMAN P., 1984, *Cultura en Weimar, causalidad y teoría cuántica 1918-1927*, Alianza, Madrid.
- GONZALEZ P, JIMÉNEZ J. Y LÓPEZ PIÑERO J.M, 1979, *Historia y sociología de la ciencia en España*, Alianza, Madrid.
- HOLTON G., 1996, *Einstein, historia y otras pasiones. La rebelión contra la ciencia en el final del s. XX*, Taurus, Madrid.
- HULL L.W.H, 1981, *Historia y filosofía de la ciencia*, Ariel, Barcelona.
- KEVLES B.H. Y KEVLES D., 1998, *La biología de los chivos expiatorios*, Mundo científico, 194, 38-44
- LEWONTIN R.C et al, 1996, *No está en los genes*, Grijalbo, Barcelona.
- MASON S.F, 1986, *Historia de las ciencias*, 5 vol, Alianza, Madrid.
- MUNFORD L., 1992, *Técnica y Civilización*, Alianza, Madrid.
- ORTEGA Y GASSET J, 1970, *Meditación de la técnica, En torno a Galileo*, Obras completas tomo V, Revista de Occidente, Madrid.
- PACEY A., 1980, *El laberinto del ingenio. Ideas e idealismo en el desarrollo de la tecnología*, Gustavo Gili, Barcelona.
- SANCHEZ RON J.M, 1992, *El poder de la ciencia. Historia socio-económica de la física (s XX)*, Alianza, Madrid.
- SERRES M (Ed.), 1991, *Historia de las ciencias*, Cátedra, Madrid.
- THUILLIER P, 1990, *De Arquímedes a Einstein. Las caras ocultas de la invención científica*, Alianza, Madrid.
- ZIMAN J, 1986, *Introducción al estudio de la ciencia*, Ariel, Barcelona.
- ZUBIRI X, 1974, La nueva física, en *Naturaleza, Historia, Dios*, Editora Nacional, Madrid, pp 243-305.

Por último, los artículos citados son:

- SOLBES J, 1996, ¿Desplazan las ciencias a las humanidades en la LOGSE?, 1996, *Catedra Nova*, n° 4, pp 47-50
- SOLBES J, 1998, El número de profesores y la calidad de la enseñanza, *Catedra nova*, n° 8, pp 27-32.