

EL SIGLO XX: DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS A LA BIOLOGÍA MOLECULAR

20TH CENTURY: FROM PARTICLE PHYSICS TO MOLECULAR BIOLOGY

Núria Pérez

El siglo XX significó un período de cambio, de transformación de lo hasta ese momento considerado comúnmente aceptado. Dos grandes guerras mundiales marcaron un punto de inflexión. Las ciencias, físicas, biológicas, matemáticas, etc., no fueron inmunes a los nuevos tiempos y se contemplaron desde otros supuestos y desde nuevas formas de interactuar con la sociedad.

20th century was a period of changes, transformation of what had been broadly accepted since then. Two important world wars marked a turning point. Physics, biology, mathematics, etc. were not immune to those new days and were considered from other assumptions and other ways to interact with society.

Claude Henry de Rouvroy, conde de Saint-Simon (París, 1760-1825), místico, militar, partidario de la revolución francesa, entusiasta de la ciencia universal newtoniana y de las ciencias sociales, defendió la idea de que los gobiernos debían ser dirigidos por científicos, artistas e industriales. En 1803, propuso la creación del Consejo de Newton, asociación que reunía a sabios (matemáticos, físicos, químicos, o psicólogos) y artistas (literatos, pintores y músicos), cuyo principal objetivo era el de estudiar e identificar el mejor camino para garantizar el desarrollo de su sociedad. Más tarde, sus sucesores, los llamados *saintsimonianos*, se identificaron como pacifistas, industrialistas, cosmopolitas, modernistas o socialistas, y tuvieron un importante papel en la industrialización de su país, principalmente, a través de la creación de las redes ferroviarias y bancarias francesas. La difusión de los ideales saintsimonianos alcanzó también a nuestro país. En Cataluña, algunos medios de comunicación del momento, como los periódicos *El Vapor* (1833) o *El Propagador de la Libertad* (1835), se hicieron eco de los ideales de esta corriente de pensamiento.

Los años que precedieron a la Primera Guerra Mundial fueron un período de transformación, de cambio de actitudes, en cuanto a la concepción que se tenía del mundo heredada del siglo XVII. La transformación revolucionaria de este período trascendió el ámbito científico y se encontró inmersa en un movimiento general que cuestionaba los valores comúnmente aceptados, transformación que terminó por alcanzar los modos de estructurar y conceptualizar el mundo. Con esta nueva concepción, la naturaleza apareció de pronto desnaturalizada e incomprensible, la ciencia se escindió de la intuición y surgió el conflicto entre lo real y lo aprehendido por los sentidos. Una vez más, se estableció un pulso entre Parménides y Protágoras, de nuevo dos posibilidades de entender el conocimiento: la vía de la opinión *versus* la de considerar al hombre como medida de todas las cosas. Para Hobsbawn, es ésta una transformación negativa. Sin dar alternativa alguna a cambios, se viene abajo una concepción coherente del mundo en la que la racionalidad estaba en armonía con la intuición. Así, las matemáticas se emanciparon del mundo real, del mundo de los sentidos, bastaba ahora que sus postulados fueran,

simplemente, no contradictorios. Son ejemplos de esta transformación: la geometría no euclidiana, la posibilidad teórica de magnitudes infinitas, el principio de incertidumbre, etc. La transformación en las ciencias físicas se concretó en la nueva física einsteniana y en la mecánica cuántica. Los físicos teóricos más que buscar la adecuación de sus teorías a la realidad se vieron influenciados por sus propias concepciones filosóficas o metafísicas. Afirma Hobsbawn que lo que de verdad fue revolucionario en la física del siglo XX no fueron las nuevas evidencias, sino la actitud de reconsiderar los propios paradigmas a la luz de estas nuevas evidencias. Además, prejuicios sociales entraron en juego en la amalgama del cambio. A resaltar un hecho trascendente por sus ulteriores consecuencias: en los años veinte, en los círculos académicos de la República de Weimar (1919-1933), afloró un repentino antisemitismo que calificaba de «judía» a esta nueva física teórica.

No obstante, todavía la relación entre ciencia y sociedad era débil. Universidades, academias técnicas e industrias no estaban bien coordinadas. En Alemania, por un lado, las academias técnicas adolecían de la escasa adecuación de las matemáticas a la ingeniería y, por otro, la industria demandaba de los estudios universitarios mayor cooperación y sensibilidad hacia la investigación aplicada. Aun así, afirma Hentschel, los intereses políticos velaban por el buen funcionamiento de la

tecnología armamentística que, en definitiva, dependía del número de técnicos y físicos dedicados a la investigación. Ganaron en influencia los pragmáticos vinculados a la industria privada, en contraposición al sector público y a las universidades. En Alemania, muchos ingenieros se vieron afectados por la crisis económica de finales de los felices veinte y por las restricciones que imponía el tratado de Versalles en materia de investigación y desarrollo en sectores como el de la fabricación de aeroplanos.

El 1 de abril de 1939 se anunciaba el final de la guerra civil española después de 32 meses de conflicto bélico. Cuatro meses después, el 1 de septiembre de 1939, se iniciaba la Segunda Guerra Mundial: Alemania invadía Polonia. Precisamente, años antes, habiendo llegado el Partido Nacional Socialista al poder, las restricciones del Tratado de Versalles en áreas de relevancia militar habían sido ignoradas. Ilustra esta situación la visita que hace a Alemania el ingeniero español Esteve Terradas con motivo de inspeccionar los proyectos aeronáuticos alemanes en plena Segunda Guerra Mundial, gobernando Franco en España. Mas tarde, el mismo Terradas organizaría en nuestro país un centro técnico aeronáutico de investigación y docencia de alto nivel. En opinión de Hentschel, la extraña coexistencia de una política irracional con un rearme basado en una racionalidad

Núria Pérez



Licenciada en Biología y en Filosofía por la Universidad de Barcelona (UB). Posgraduada en Farmacología y Posgraduada en Bioética y Calidad de Vida por la UB. Máster en Comunicación Científica por la Universidad Pompeu Fabra (UPF). Doctoranda del programa interuniversitario UAB-UB de Historia de las Ciencias. Miembro adscrito del Centre d'Estudis d'Història de les Ciències (CEHIC). Actualmente colabora como investigadora en el Observatorio de la Comunicación Científica de la UPF.

nuriap.perez@upf.edu

industrial fue decisiva para el desmoronamiento del poder nacionalsocialista.

En el siglo XX, tanto el paradigma marxista como el liberal compartieron una utopía: la científico-tecnológica. Diferentes actores sociales contemplaron la ciencia y la tecnología de manera distinta. Para algunos de ellos, la ciencia, en cuanto a sistema de conocimiento, era pura por naturaleza, productora de ideas y conceptos, aunque susceptible de ser contaminada por determinados intereses, por ejemplo, por razones de Estado. Éste era el caso de los físicos que en la Segunda Guerra Mundial –gran parte de ellos exiliados o refugiados del fascismo– perdieron su inocencia en su implicación en la bomba atómica. La etapa de la ciencia politizada alcanzó su punto álgido: los científicos fueron movilizados con fines militares. Lo cierto es que la posguerra llevó a un nuevo orden en el que confluyeron intereses políticos, militares, industriales y académicos en la creación de complejos de excelencia científica (CSIC, CERN, ESRO, EMBL, etc.).¹ A partir de este momento, la búsqueda del conocimiento fue compatible con los intereses profesionales y sociopolíticos. De este modo, se configura otra manera posible de entender el papel de la ciencia, y es en cuanto a su utilidad, a su aplicación práctica. Perspectiva ésta que ha implicado tanto al sector público como al sector privado en el desarrollo industrial y financiero de Occidente. Algunos analistas afirman, Pestre entre ellos, que en los países desarrollados, la ciencia y sus expertos, llegaron a constituirse en una autoridad por la que, bajo una supuesta imparcialidad y pretendiendo ser depositarios de la verdad, se legitimaron acciones sociales, accio-

nes tecnificadas y despolitizadas en las que no cabe debate público alguno. Una consecuencia de ello es que las ciencias sociales tomaron prestado de la física, la electrónica o la cibernética su discurso y, en lo social, se llegó a visiones reduccionistas que conllevaron un mayor interés por el individuo que por los grupos sociales.

La transformación «molecular» de la biología en el siglo XX puede interpretarse como una colonización de las ciencias exactas en las denominadas ciencias de la vida.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la biología molecular adquirió su hegemonía, en parte gracias a los avances en el campo de la física y al desarrollo tecnológico que hizo posible la existencia de herramientas tan relevantes para la adquisición de nuevos conocimientos como fueron el microscopio electrónico, la ultracentrífuga o las cámaras de difracción de rayos X (RX).

Esteve Terradas, en el primer tercio del siglo XX, había seguido de cerca los supuestos teóricos de la teoría de la relatividad. Una de sus reseñas de alta divulgación científica que realizó para los *Arxius de l'Institut de Ciències*, fue sobre el primer libro dedicado a la teoría de la relatividad escrito

por Max von Laue, físico alemán que hizo además importantes aportaciones en el campo de la radiación. El interés de Terradas por los avances tecnológicos relacionados con la misma le llevó a intentar poner en marcha en 1915 un laboratorio sobre radiactividad para introducir en Barcelona la radiología médica.

Ya desde la obtención del primer patrón de difracción de RX por Max von Laue en 1913, y los trabajos posteriores de Lawrence Bragg, se vio que el método ofrecía la posibilidad de identificar y localizar cada átomo

dentro de la molécula. Entre los años treinta y cincuenta, el concepto de macromolécula y las técnicas de difracción de RX, permitieron elucidar la estructura helicoidal del DNA y se convirtieron en los pilares de la biología molecular. El modelo teórico de la doble hélice sugerido por Watson y Crick para la estructura de la molécula del DNA y los trabajos de Wilkins y Franklin presentados al mismo tiempo en la revista *Nature* en 1953, fueron posibles gracias a la tecnología de difracción de RX aplicada a la biología.

En relación directa con el desarrollo tecnológico propiciado por los conflictos bélicos y, más tarde, a raíz de la guerra fría y la carrera espacial entre las dos superpotencias emergentes después de la Segunda Guerra Mundial, la Unión Soviética y Estados Unidos de América, la computación se puso al servicio de la biología molecular. Durante la década de los cincuenta, John Kendrew y Max Perutz en Cambridge, propiciaron la determinación de la estructura de biomoléculas complejas, como la mioglobina o la hemoglobina, mediante la técnica de difracción de RX combinada con la introducción de los datos en un sistema de computación, el *EDSAC*,² el primer ordenador que podía almacenar datos de esta naturaleza construido por Maurice Wilkes (De Chadarevian, 2002).

La biología y la computación llevan 50 años de creciente interrelación. Los primeros ordenadores digitales, los ENIAC³ (Pensilvania), datan de 1943 y los primeros lenguajes de alto nivel como el FORTRAN,⁴ son de 1957. En los Alamos Scientific Laboratory –lugar donde años atrás se había desarrollado el proyecto Manhattan– se creó la primera base de datos de secuencias genéticas en 1982. En 1990 se inició el Proyecto Genoma Humano, proyecto que hubiera sido impensable sin la participación de la tecnología informática. La dotación genética de los seres vivos se pudo contemplar a partir de ahora como el *input* procesado por el propio organismo.

Siguiendo a Creager, la historia de la tecnología, esto es, de los instrumentos que han contribuido al desarrollo de la biología molecular, puede dividirse en dos etapas que vienen marcadas por los *prototipos* y los *aparatos comercializados*. La fase de prototipo se ha caracterizado por una estrecha colaboración entre científicos e ingenieros en el diseño y creación de los nuevos ingenios que,

«La transformación 'molecular' de la biología en el siglo XX puede interpretarse como una colonización de las ciencias exactas en las denominadas ciencias de la vida.»

una vez comercializados, se han transformado en tecnología de producción industrial. Es lo que algunos autores han calificado como «cajas negras», en el sentido que de los instrumentos se sabe su función, se saben sus instrucciones de uso, pero se ignora su más íntimo funcionamiento. Una de las consecuencias inmediatas de esta situación ha sido que las técnicas necesarias para el desarrollo de la biología molecular en los países periféricos, como es el caso español, se hayan convertido ya desde el primer momento en demanda tecnológica a los países más desarrollados y productores de esas tecnologías. La transición a la democracia en España representó una demora en el proceso de institucionalización de la ciencia y la tecnología española que duró hasta finales de los años setenta. La incorporación de España a la Comunidad Europea en 1986 y la sensibilidad de los políticos hacia el desarrollo e investigación científico-técnica impulsaron una mayor producción científica y tecnológica en nuestro país y, en consecuencia, una mayor presencia en los foros internacionales.

Un caso reciente de integración en grupos de investigación internacionales ha sido la aportación española a la empresa privada Celera Genomics para el desarrollo del Proyecto Genoma Humano. En 1988, el Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos nombró un comité para iniciar el proyecto de secuenciación del genoma humano, recomendando también que se secuenciaran otros genomas como bacterias, levaduras, gusanos, moscas y ratones, así como el desarrollo de la tecnología necesaria para la consecución de estos objetivos. Por otra parte, se hacía hincapié en la investigación respecto a las implicaciones éticas, legales y sociales derivadas del conocimiento de la secuencia del genoma humano. A finales de 1990 se estableció un consorcio público para determinar la secuencia del genoma humano que implicaba a 20 laboratorios y a cientos de investigadores de los Estados Unidos, el Reino Unido, Japón, Francia, Alemania y China. Sector público y sector privado aunaron esfuerzos en el Proyecto Genoma Humano. El 15 de febrero del año 2001, el consorcio público publicaba en la revista *Nature* un borrador de la secuencia del genoma humano y lo ponía en red a disposición de la humanidad. Simultáneamente, se publicaba el mismo día en la revista *Science*, por la compañía americana Celera Genomics,

otro borrador de la secuencia del genoma humano, el elaborado por el consorcio privado.

El equipo del Dr. Roderic Guigó, investigador del Instituto Municipal de Investigaciones Médicas (IMIM) de Barcelona, desarrolló para el grupo de Celera Genomics un programa informático, el *gff2ps* (General Feature Formatted to PostScript) capaz de reproducir, a un tiempo, una visión de conjunto del genoma y amplificar automáticamente la estructura de cada uno de sus genes. Las claves de este programa han sido, pues, su capacidad para manejar enormes volúmenes de datos de origen biológico y traducirlos a un formato, el PostScript, que ha permitido elaborar gráficos vectoriales y presentarlos de forma escalable.

El genoma humano, la mera descripción de la secuencia de nucleótidos contenida en los genes de cada ser vivo, se contempla en la actualidad como un sistema de información, un código que en los medios de comunicación aparece a menudo bajo la denominación de «libro de la vida»; libro escrito en el lenguaje del DNA, cuya condición de existencia es el de ser leído y editado. Reconocer que un ser vivo está determinado por una sucesión finita de información supone un cambio en la percepción social del individuo. L.E. Kay afirma que para entender el significado de la organización, expresión y regulación del genoma, la biología teórica, se ha orientado hacia la gramática generativa de Noam Chomsky y advierte, al mismo tiempo, que cuando en la biología molecular aparece el término *información* para designar la especificidad biológica, se está utilizando una metáfora de otra metáfora, un significante sin referente, una catacrexis; en definitiva, un uso indebido de las palabras a pesar de que su utilización se hace difícil de eludir debido al gran poder simbólico y cultural que encierran.

En una entrevista reciente realizada a Paul Forman (Filadelfia, 1937), este historiador de la ciencia, discípulo de Thomas Kuhn, afirmaba que «los procesos culturales se han situado fuera de lo abstracto y dentro de lo utilitario e instrumental. Ello ha llevado al prejuicio de favorecer más a la tecnología que a la ciencia, esto es, ha llevado a considerar a la tecnología como el propósito de la ciencia. Con este supuesto sería, pues, la tecnología la que establecería los objetivos y orientaría la actividad científica.»⁵ En este caso, cabría preguntarse si la ingeniería

ría genética o los organismos modificados genéticamente podrían ser resultados de esta visión tecnológica de la ciencia.

La historia no ha terminado, la historia continúa. El mismo progreso tecnológico que nos ha amenazado con la guerra atómica o que nos sigue inquietando con el deterioro del medio ambiente, justifica que el debate contemporáneo se haya trasladado hacia el debate ético. El

progreso científico y moral requiere tener la capacidad de ser escéptico respecto al estado actual del conocimiento, el método y sus dogmas, así como la capacidad de plantear cuestiones críticas. Debate, abierto e intelectual, que trata de establecer si debe tener límites o no la investigación científica –y con ella el conocimiento– y, sobre todo, la responsabilidad e implicación que debe tener la sociedad en todo ello.¶

Bibliografía

- CREAGER A.N.H.: *The life of a virus. Tobacco Mosaic Virus as an Experimental Model, 1930-1965*, The University of Chicago Press, Chicago, 2002.
- DE CHADAREVIAN S.: *Designs for Life. Molecular Biology after World War II*, Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido), 2002.
- HENTSCHEL K. (ed): *Physis and National Socialism. An anthology of Primary Sources*, Kirkhäuser, Basilea, Boston, Berlín, 1996.
- HOBBSAWN E.: *The Age of Empire 1875-1914*, Weidenfeld & Nicholson, Londres, 1987.
- KAY L.E.: *Who Wrote The Book Of Life? A History Of The Genetic Code*, Stanford University Press, Stanford, 2000.
- KRIGE J., PESTRE D. (eds.): *Science in the Twentieth Century*, Harwood Academic Publishers, Amsterdam, 1997.
- MUÑOZ E.: «Veinticinco años en la evolución del sistema», *QUARK* 2001-2002; 22-23: 12-17.
- RIERA I TUÈBOLS S.: *Ciència, romanticisme i utopia*, Edicions 62, Barcelona, 2001.
- ROCA ROSELL A., SÁNCHEZ RON J.M.: *Esteban Terradas 1883-1950: ciencia y técnica en la España contemporánea*, Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, Madrid, 1990.

Notas

- 1 CSIC (1939): Consejo Superior de Investigaciones Científicas. CERN (1954): Centre Européen pour la Recherche Nucléaire, ESRO (1962): the European Space Research Organization, EMBL (1973): the European Molecular Biology Laboratory.
- 2 EDSAC: Electronic Delay Storage Automatic Calculator.
- 3 ENIAC: Electronic Numerical Integrator and Calculator.
- 4 En 1954, John Backus y su equipo desarrollaron el FORMula TRANslator System, o FORTRAN0. Este trabajo se completó en 1957 con la creación del FORTRAN1.
- 5 Entrevista realizada a Paul Forman por Antonio Calvo Roy, publicada en *El País* de 12 de noviembre de 2003, pág. 30 de la sección Futuro.