

Ciencia, tecnología y tecnociencia socialmente responsables

ANTONIO J. DIÉGUEZ LUCENA



Ornitóptero (robot aéreo bio-inspirado de ala batiente), desarrollado en el GRVC Robotics Lab. de la Universidad de Sevilla.

No es fácil definir la ciencia, como tampoco lo es definir la tecnología. No pretendo aquí establecer esas definiciones, que siguen y seguirán en discusión, puesto que son realidades cambiantes. Lo que pretendo es señalar qué relaciones cabe hoy establecer entre ellas y, sobre todo, cuestionar (una vez más) la idea repetida de que la ciencia es conocimiento desinteresado y ajeno a la práctica, que se justifica por su valor intrínseco, mientras que la tecnología, que sí pretende transformar el mundo y ha de justificarse por su utilidad y por sus consecuencias, es la que debe asumir en exclusiva la responsabilidad por ellas.

No voy a definir, pues, el término 'ciencia' porque entonces dedicaría solo a eso este texto y tendría que prolongarlo mucho más. Remito al lector interesado a mi último libro, *La ciencia en cuestión*, en el que, con mejor o peor fortuna, hago una extensa caracterización de la ciencia actual. El término 'tecnología' es también complejo y polisémico y, además, tiene una historia menos conocida. Aun así, me atreveré a esbozar aquí esa historia en unas pinceladas.

Descartando algún uso esporádico en griego clásico, el término es usado inicialmente por Petrus Ramus, en el latín académico en el siglo XVII, para designar el estudio y sistematización de las artes liberales y de las artes mecánicas. Las ar-

tes liberales, como se recordará, eran la gramática, la retórica, y la dialéctica –que formaban el *Trivium* medieval–, junto con la geometría, aritmética, música y astronomía –que formaban el *Quadrivium*–, mientras que las artes mecánicas o vulgares, que estaban menos sistematizadas, eran la medicina, la arquitectura, la escultura, la pintura, la metalurgia, la agricultura, las artes militares, las artes decorativas, las artesanías, etc.

En un sentido etimológico, tecnología es la ciencia o saber sobre la técnica, el estudio de la técnica, o si se quiere, el estudio de las artes, mecánicas o industriales especialmente. Y así, excluyendo ya a las artes liberales, se entendió en inglés y alemán a partir de entonces hasta finales del siglo XIX, restringiendo su sentido inicial.

Pero tampoco es este el sentido actual con el que empleamos el término tecnología. En inglés, el término fue introducido al parecer por el profesor de Harvard Jacob Bigelow en un libro publicado en 1829 con el título de *Elementos de tecnología*, que tuvo poca influencia. Bigelow se refiere con él a las artes que dependen de la aplicación de las ciencias y que son útiles para la sociedad, y, de forma derivada, a sus productos (Misa, 2009).

Para encontrar un uso claro del término con el significado actual, conectado directamente con las prácticas y productos de las ingenierías, hemos de esperar hasta 1861, año en el que se funda el Massachusetts Institute of Technology (MIT) en Cambridge, muy cerca de Boston. Es todavía una aparición esporádica,

pero ya encauzada a lo que en la actualidad designamos con él. Todavía tardará un tiempo en imponerse, sobre todo en otras lenguas distintas del inglés. Ortega, un pionero en la reflexión filosófica sobre este tema, utiliza todavía la palabra 'técnica' en lugar de 'tecnología' para referirse incluso a los procedimientos y productos de la ciencia en su libro *Meditación de la técnica*, de 1939, procedente de unas conferencias de 1933. Y lo mismo hace Heidegger en alemán en su famoso artículo de 1954 "La pregunta por la técnica" (*Die Frage nach Technik*), o Jacques Ellul en francés en su libro de ese mismo año *La técnica o la apuesta del siglo* (*La technique ou l'enjeu du siècle*). No sé a ciencia cierta cuándo se impuso en español el uso de 'tecnología' (el *Diccionario histórico de la lengua española* no lo recoge), pero probablemente lo haría después de la Segunda Guerra Mundial, o más tarde incluso, en los años 60, al menos de forma generalizada. En alemán se sigue empleando todavía la palabra *Technik* para cosas que en inglés o en español designaríamos como tecnología, y, de hecho, la filosofía de la tecnología se llama en alemán *Technikphilosophie* o *Philosophie der Technik*. Claro que una cosa es la historia del término y otra la de la realidad que nombra. La unión entre la ciencia, la técnica y la industria que llamamos hoy tecnología puede verse en los comienzos de la revolución industrial a finales del XVIII y principios del XIX, cuando surge la termodinámica, en buena medida por la necesidad de mejorar la eficiencia de las máquinas de vapor, y se afianza a mediados del XIX, cuando la industria textil alemana echó mano de los químicos para mejorar la estabilidad de los tintes.

Es importante en todo caso notar que en inglés el término *technology* posee un significado muy extenso, que abarca desde las herramientas artesanales de la antigüedad hasta las complejas tecnologías del presente. En español, si bien se usa cada vez más en este sentido amplio, como cuando decimos 'tecnología lítica' (posiblemente influidos por el inglés), lo más común es reservar la palabra 'técnica' para referirse a las habilidades, prác-

ticas, utensilios y objetos creados por el ser humano a lo largo de su historia para transformar su entorno sin el concurso de la ciencia y usar 'tecnología' para nombrar a las técnicas sofisticadas y complejas que se han basado en los avances de la ciencia. Aunque el inglés cuenta también con el término *technique* para referirse específicamente a las técnicas o métodos utilizados en un ámbito particular. En resumen, el español utiliza dos términos distintos ('tecnología' y 'técnica') para diferenciar lo que en inglés suele agruparse bajo el término *technology*, aunque es perceptible una tendencia en nuestro idioma, desafortunada en mi opinión, a quedarse únicamente con el término 'tecnología'.



Retrato de Petrus Ramus (1515-1572)

En cuanto al concepto de tecnociencia, cada vez más empleado, aunque no siempre con buen tino, para describir el modo en que se desarrollan hoy en día muchos campos de investigación, tiene un origen disputado. Hay quien ve en el concepto de 'fenomenotécnica', usado por Gaston Bachelard en 1953 en su libro *El materialismo racional*, un precedente. Sin embargo, quienes usaron el término por primera vez de forma independiente fueron Gilbert Hottois, Jean Jacques Salomon y Jean-François Lyotard en los años 70; y fue Bruno Latour quien le dio difusión en su libro *Ciencia en acción*, de 1987. Designa aquellos campos de investigación

que han construido un sistema en el que se integran de forma inseparable y en una relación de retroalimentación no lineal, la investigación teórica y la innovación tecnológica. Son los mismos equipos de investigación los que desarrollan la teoría y los que patentan las implementaciones tecnológicas. En estos campos, la orientación de la investigación teórica hacia el desarrollo de nuevas tecnologías es clara y prioritaria. Puede decirse, por tanto, que la tecnociencia es una ciencia orientada por la tecnología, y en ella, la obtención de patentes es un objetivo central. De ahí que sea mucho mayor el contacto con el mundo empresarial que en el resto de las disciplinas científicas, llegando a asumir valores empresariales en su producción y gestión, y que tiendan a una expansión constante en su influencia sobre los procesos económicos. Esta importancia económica, unida a sus aplicaciones militares, hace que las tecnociencias se constituyan en elementos fundamentales del poder geoestratégico de los países. Ejemplos claros de disciplinas tecnocientíficas serían la biología molecular, la ciencia de materiales, la genética, la ingeniería química, las ciencias de la computación, la robótica o la Inteligencia Artificial.

Javier Echeverría (2003), que es uno de los mejores analistas en este tema, y en el que me baso para esta caracterización, ve en el Proyecto Manhattan un antecedente de la tecnociencia, pero sitúa sus orígenes en los años 80 del siglo XX en los Estados Unidos. No obstante, es claro que esta vocación práctica de la ciencia no surge de la nada ni encaja tan bien por casualidad. Estaba ya claramente expresada por sus primeros representantes y legitimadores culturales. De forma explícita es formulada por Francis Bacon en su *Novum organon* y, sobre todo, en su *Nueva Atlántida*, pero también la encontramos en Hobbes, Locke y Descartes. Para todos ellos la ciencia que surge en ese momento, la ciencia nueva, es un conocimiento no meramente especulativo ni contemplativo, sino orientado a la acción, a la transformación y mejora del mundo, y de ahí la importancia en ella de la experimentación. En expresión de Bacon, no basta con observar, hay que "torcerle la

Ciencia, tecnología y tecnociencia socialmente responsables

cola al león". Leyendo a los historiadores de la ciencia pueden verse con claridad las estrechas relaciones que hubo con sus orígenes mismos entre la ciencia moderna y los poderes políticos y económicos, y puede constatarse cómo la ciencia fue ya entonces justificada por su utilidad para la minería, la navegación o la industria civil y militar. La justificación de la ciencia por su valor intrínseco es más reciente de lo que suele creerse.

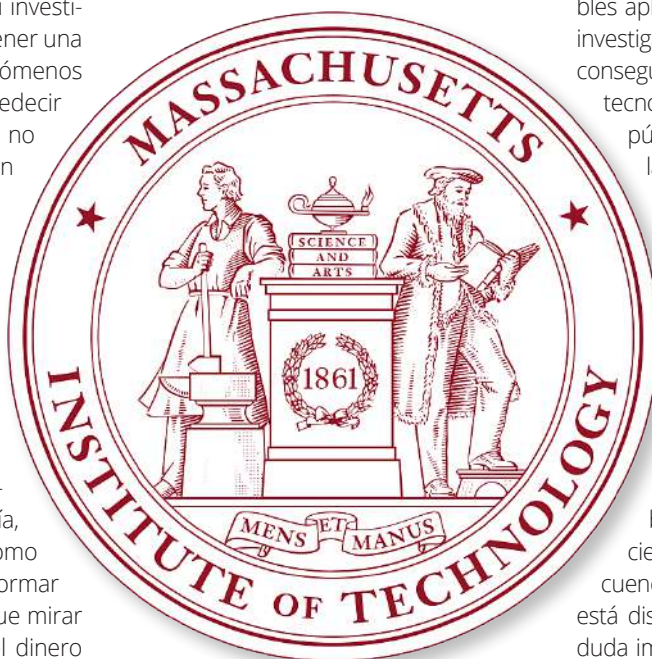
Pese a estas complejas e intrincadas relaciones, la idea común, que prevalece en amplios sectores de la población, es que el científico es una persona que busca la verdad de forma desinteresada, sin atender a los aspectos prácticos de sus conocimientos, que ni aumentan su valor ni son el objetivo primario de su investigación. Quiere simplemente obtener una mejor información sobre los fenómenos naturales y sociales; explicar y predecir el comportamiento del mundo, no cambiarlo. Su máxima ambición es conseguir prestigio y el reconocimiento de los colegas, no la riqueza material. Busca a veces también generar patentes, es verdad, pero como resultado secundario y sin pretender que sean las ganancias obtenidas con ellas las que sostengan su modo de vida. Lo importante es la generación de nuevo conocimiento, nada más. La tecnología, en cambio, es vista sobre todo como ciencia aplicada; su fin es transformar la realidad y es ahí donde hay que mirar si queremos ver cómo influye el dinero en la investigación de determinados temas, cómo las élites económicas marcan el camino. Sobre la tecnociencia, en la medida en que comparte rasgos y valores comunes con la tecnología, como la eficiencia y la rentabilidad, puede decirse algo similar. No cabe extrañarse de que sea a menudo una investigación comisionada y financiada en una parte sustancial, si no total, por empresas privadas, incluso cuando se realiza en universidades públicas; porque, en efecto, mucha investigación pública en universidades públicas se hace con ayuda de financiación privada, proveniente sobre todo de compañías tecnológicas. Esto, claro está, limita la capacidad crítica del científico con respecto a su propia labor, puesto que pierde independencia y se convierte en una pieza más dentro de un engrana-

naje cuyos objetivos últimos quizás ni siquiera conoce.

El filósofo de la ciencia Philip Kitcher (2004, p. 331) sostiene que la imagen tradicional del científico como una especie de sacerdote laico consagrado en exclusiva a la verdad "ha sido extraordinariamente influyente y ha llevado a muchos a considerar que las ciencias persiguen el objetivo humano más elevado: comprender nuestro mundo. Dicho sea de paso, esa búsqueda puede traer muchos y variados beneficios prácticos, pero la satisfacción mundana de necesidades humanas efímeras es insignificante en comparación con la meta trascendente de encontrar la verdad". Pero añade a continuación: "Creo que esta imagen nos

Esto no significa que la ciencia no busque verdades (aunque no busca cualquier verdad, sino, como subraya Kitcher, verdades interesantes o significativas para los seres humanos por algún propósito) o que esté sometida irremisiblemente en la aceptación de sus teorías a la presión del dinero o a los intereses de las compañías que la financian. Tampoco significa que ya no exista más que tecnociencia y que la ciencia básica, ajena en principio a su aplicación directa, sea cosa del pasado. No toda la ciencia actual es tecnociencia, en efecto. Sin embargo, no es exagerado decir que el reducto de la ciencia básica está cada vez más amenazado, como saben bien los científicos que trabajan en ella y que han de justificar con detalle las posibles aplicaciones comercializables de sus investigaciones, incluso a corto plazo, para conseguir algún tipo de financiación. Es la tecnociencia la que influye en la opinión pública y marca la imagen misma de la ciencia; es ella la que es tenida en cuenta por los gobiernos y la que mueve la economía.

Más bien, lo que todo esto significa, y es en lo que quería insistir aquí, es que el científico tiene cada vez más difícil desentenderse de los efectos sociales de la ciencia. Se habla de innovación responsable, pero es pertinente también hablar de ciencia responsable, una ciencia atenta a sus posibles consecuencias y al tipo de investigación que está dispuesta a priorizar. Esto tiene sin duda implicaciones institucionales acerca del modo en que se organiza, financia y promueve la investigación científica, pero tiene también un componente personal ineludible, como bien entendió Einstein. Es sabido, sobre todo después de la película de Christopher Nolan, que Oppenheimer tuvo enormes y persistentes remordimientos por haber dirigido el proyecto Manhattan, un proyecto tecnocientífico, como ya hemos dicho. Es menos conocido, sin embargo, que Einstein, cuya contribución teórica se limitó a haber establecido la famosa ecuación de equivalencia entre masa y energía, también sintió una gran responsabilidad de por vida por la fabricación del arma atómica y fue activo en la lucha por su prohibición para evitar la proliferación nuclear. Ello fue debido a que tomó también la iniciativa de enviar una carta a Roosevelt en 1939 avisándole



Logotipo del Massachusetts Institute of Technology (MIT)

ha engañado y cegado ante las verdaderas responsabilidades de las ciencias y los científicos". Esta convicción de Kitcher cuenta hoy con bastantes adeptos en la filosofía de la ciencia. Sencillamente, no tiene mucho sentido separar de forma radical la ciencia de la tecnología con el objetivo de situar a los científicos en una esfera epistémica aislada del mundo real en la que la única responsabilidad que cabe es la de hacer bien su trabajo y hacerlo con honestidad profesional. Las cuestiones éticas no acaban para el científico en el cumplimiento de las normas establecidas por la ética de la investigación, es decir, por no cometer fraude y evitar las malas prácticas investigadoras.

de la posibilidad técnica de obtener una bomba atómica mediante la reacción nuclear en cadena a partir de una cierta cantidad de uranio, e insistiendo en la necesidad de investigar más el asunto, puesto que había signos de que los nazis podrían estar trabajando en ello. A su amigo Linus Pauling le confesó que pensaba que ese había sido el mayor error de su vida, pero lo hizo movido por el miedo de que los alemanes la tuvieran antes.

La situación actual del científico está, pues, lejos de la imagen tradicional y más cerca de la que retrató a comienzos de siglo el profesor de economía y ética de la Universidad de Gante Koen Raes (2003): "Los científicos operan no solamente dentro de los campos de la investigación independiente, sino también dentro de un área económica gobernada por mecanismos de mercado. Hoy día, un 'campus de investigación científica' académico se parece cada vez más a un 'parque tecnológico' comercial. Y aquí prevalecen intereses distintos de los de la 'investigación científica pura', intereses que pueden dominar la ética científica hasta tal punto que pueden desembocar en publicaciones prematuras o descuidadas, en una carrera por ser 'el primero'. Esos motivos pueden también desempeñar un papel cuando se representan y se emiten opiniones científicas. Esto se debe a que están en juego

los puestos de trabajo, la financiación, las licencias, las patentes y los usos comerciales. La preocupación por mantener las dotaciones de personal de un laboratorio o grupo de investigación puede ser tan predominante que los científicos estén dispuestos a aceptar cualquier tema de investigación, sea de la industria o del gobierno, con el resultado de que gradualmente pierden el control de su propia agenda de investigación, sin darse cuenta"

Esta situación es la que hace que el científico no pueda desentenderse de cómo otros prosiguen sus trabajos ni a qué fines últimos obedecen. No debería, por ello, elegir sin reflexión las cuestiones sobre las que va investigar. De hecho, como señala Kitcher, una ciencia bien hecha ("bien ordenada", dice él) sería aquella en la que la agenda investigadora se decidiera tomando en cuenta las necesidades de las personas, sobre todo de las más necesitadas. Sería una ciencia en la que se buscaría como objetivo central, por ejemplo, disminuir la brecha 10/90, es decir, la situación lamentable de que solo el 10 % de los recursos investigadores se dediquen a investigar el tratamiento de enfermedades que afectan al 90 % de la población. El científico debe escuchar también lo que la sociedad tiene que decir acerca de su trabajo, no solo lo que dicen sus colegas. No debe desentenderse de

considerar si su trabajo puede contribuir a aumentar las desigualdades sociales o a generar mayor discriminación entre personas por los motivos que sean, o, simplemente, si puede ser utilizado fácilmente para causar grandes daños.

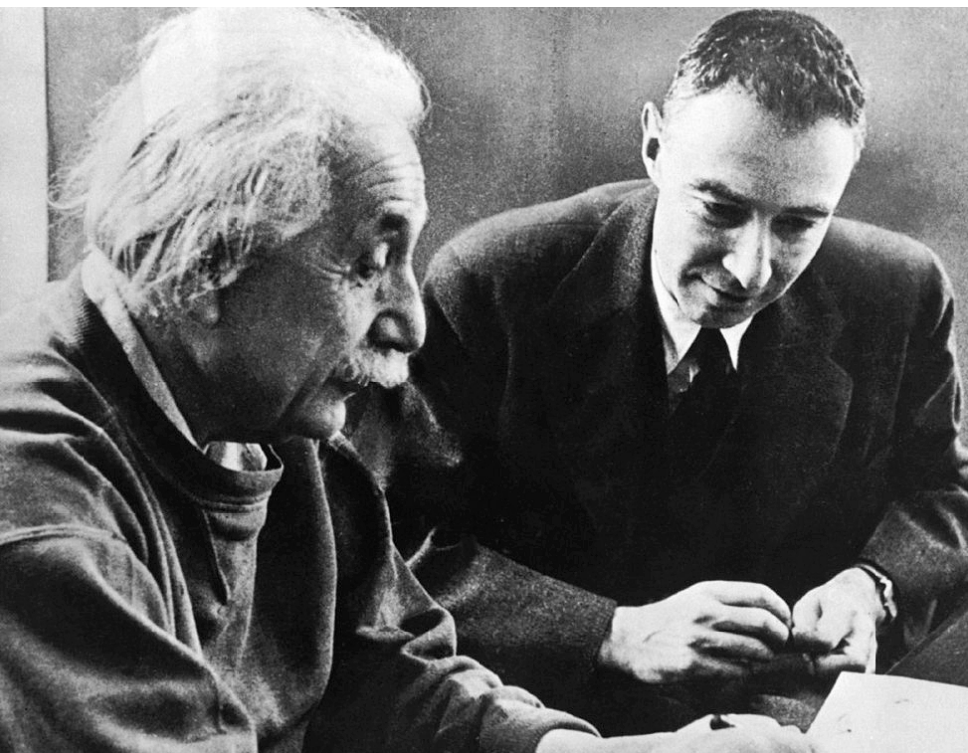
¿Fue responsable, por citar un caso que generó discusión, que la revista *Nature* publicara en 2012, pese a que previamente la National Science Advisory Board for Biosecurity lo hubiera desaconsejado, dos artículos en los que se describían ciertas modificaciones genéticas inducidas en virus de la gripe aviar, el N5H1, que lo hacían más contagioso para los mamíferos y, por tanto, posiblemente también para los humanos, entre los que suele ser letal? ¿Si unos bioterroristas crearan esa modalidad del virus y la pusieran en circulación, podría exculparse a los científicos diciendo que ellos solo pretendían hacer avanzar nuestro conocimiento sobre el virus, con vistas, quizá, a producir una vacuna efectiva? ¿Es responsable un matemático que trabaje en la mejora de los algoritmos usados en los sistemas de IA de reconocimiento facial sabiendo que están siendo usados por regímenes autoritarios para el control político y social de la población? No digo que haya respuestas fáciles para estas preguntas u otras similares, solo digo que es difícil evitarlas, como si no fueran más que cuestiones que conciernen solo a los que estarían dispuestos a hacer un mal uso de esos conocimientos.

Antonio J. Diéguez Lucena es catedrático de Lógica y Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Málaga y académico de número de la Academia Malagueña de Ciencias.

Nota: El artículo es reproducción autorizada del publicado originalmente en el blog de la Academia Malagueña de Ciencias (<https://academiamalaguenaciencias.wordpress.com>)

Referencias

- Diéguez, A. (2024), *La ciencia en cuestión. Disenso, negación y objetividad*, Barcelona: Herder.
- Echeverría, J. (2003), *La revolución tecnológica*, Madrid: FCE.
- Kitcher, P. (2004) Responsible Biology, *BioScience*, 54(4), pp. 331-336.
- Misa, T.J. (2009) History of Technology, en J. K. B. Olsen, S. A. Pedersen and V. F. Hendricks (eds.), *A Companion to the Philosophy of Technology*, Oxford: Blackwell, pp. 7-17.
- Raes, K. (2003) La responsabilidad social de los científicos, *The IPTS Report*, 72.



Albert Einstein con Robert Oppenheimer en 1947