

Resumen

Hay muy diferentes tipos de innovación y muy diferentes perspectivas desde las que se puede hablar de la innovación. En este artículo hablamos de la innovación tecnológica, para analizar cómo la capacidad y la intensidad de las innovaciones tecnológicas, en distintos tipos de sistemas sociales, pueden verse afectadas por factores culturales. Para ello, proponemos un modelo de análisis de la cultura científica y tecnológica, y presentamos algunos de los resultados más relevantes que hemos obtenido, aplicándolo a la interpretación de datos extraídos de diferentes fuentes (encuestas de percepción de la ciencia y análisis de contenido de manuales escolares). Comenzamos definiendo los conceptos que se usan en nuestro modelo, en concreto los de innovación, cultura, tecnología, y cultura tecnológica.

Palabras clave: innovación, tecnología, cultura, cultura científica.

Abstract

There are very different types of innovation and very different perspectives from which you can talk about innovation. In this article we write about technological innovation, to analyze how the capacity and intensity of technological innovations, in different types of social systems, can be affected by cultural factors. To do this, we propose a model of analysis of scientific and technological culture, and we present some of the most relevant results we have obtained applying it to the interpretation of data extracted from different sources (surveys of perception of science and analysis of content of school textbooks). We begin by defining the concepts that are used in our model, specifically those of innovation, culture, technology, and technological culture.

Keywords: innovation, technology, culture, technological culture.

JEL classification: O31.

FACTORES CULTURALES DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Miguel Á. QUINTANILLA FISAC

Instituto ECYT - Universidad de Salamanca

I. LA INNOVACIÓN COMO PROCESO SOCIAL

EL término innovación se utiliza en contextos de políticas científico-tecnológicas y de gestión empresarial como un término comodín con significados en apariencia claros, pero en realidad bastante ambiguos. Proponemos entender la *innovación* como un proceso que consiste en utilizar el conocimiento disponible para diseñar, producir y distribuir un nuevo bien (producto o servicio) con valor añadido. Se pueden distinguir diferentes tipos de innovación, según el tipo de conocimiento que se aplica, la naturaleza del resultado que se consigue y el alcance del mismo. Inicialmente, el concepto de innovación se utilizó en el contexto de la teoría económica para resaltar la importancia de la *innovación tecnológica* (Schumpeter, 1939; y 2009). Esta se caracteriza porque se basa en el *conocimiento científico y tecnológico* disponible (o que se puede conseguir a través de proyectos de investigación y desarrollo) y consiste en *diseñar, producir y difundir una nueva clase de sistemas técnicos, con valor añadido de carácter social o económico*.

Naturalmente, no todas las innovaciones de valor económico o social tienen que ser innovaciones tecnológicas. De hecho, en la economía de mercado se introducen de forma continua innovaciones cuyo valor económico puede estar condiciona-

do por la aplicación de conocimientos, no necesariamente científicos o tecnológicos, que hasta entonces no habían sido aplicados. Existe, por ejemplo, la posibilidad de introducir novedades en el proceso productivo basadas en la experiencia del trabajador, en la interacción con el proveedor o con el cliente, etc. Pero se supone que el valor de una innovación es tanto más elevado cuanto más exclusivo. En otras palabras: la apuesta de una empresa por la innovación se justifica por las condiciones de ventaja competitiva que representa para su actividad. Pues bien, en términos generales, se puede esperar que la ventaja competitiva será tanto mayor cuanto más exclusiva sea la fuente de conocimiento nuevo en que se basa la innovación. Y la novedad y el valor intrínseco del conocimiento es justo lo que caracteriza al conocimiento científico y tecnológico. Podemos generalizar así el concepto de innovación como un complejo proceso de introducción de novedades en la actividad social y económica (1) y preguntarnos por la influencia de factores culturales en ese proceso. Pero antes, necesitamos aclarar también el concepto de cultura tecnológica.

II. CULTURA TECNOLÓGICA

Utilizaremos aquí la propuesta de Mosterín (1993), según la cual *cultura es la información transmitida por aprendizaje social entre animales de la misma*

especie. Esta información puede ser de tres tipos: representacional (información acerca de las características y propiedades del medio); práctica (información acerca de cómo hay que actuar); y valorativa (información acerca de qué estados de cosas son preferibles, convenientes o valiosos). Como el propio Mosterín señala, esta concepción de la cultura recoge, precisándolo, el contenido esencial del concepto de cultura que se usa en la antropología y la etología científicas. La cultura de un grupo social estará formada por el conjunto de rasgos culturales (representaciones, creencias, reglas y pautas de comportamiento, sistemas de preferencias y valores) presentes en los miembros de ese grupo. Por otra parte, el conjunto de todos los rasgos culturales que constituyen la cultura de un grupo social se pueden clasificar en varias culturas específicas, en función de los contenidos de esos rasgos culturales: puede hablarse así de la cultura religiosa, política, científica, deportiva, empresarial, laboral, académica, etc. Dentro de este marco de ideas, la expresión *cultura técnica o tecnológica* (2) puede tener dos acepciones. Por una parte, puede referirse al conjunto de técnicas (como conocimientos prácticos) de que dispone un determinado grupo social (la técnica forma parte de la cultura); por otra parte, puede referirse a un conjunto de rasgos culturales (representaciones, reglas y valores) relacionados con las técnicas. Aquí nos atendremos a este segundo sentido, más amplio, de cultura técnica o tecnológica

De hecho, los sistemas técnicos son en realidad sistemas híbridos, *socio-técnicos*. Incorporan, por tanto, componentes culturales, económicos y organizativos o políticos, y además funcionan y se desenvuelven en un entorno formado por otros sistemas sociales más amplios que influyen en ellos y a su vez son afectados por ellos. Parte del entorno social de cualquier sistema técnico es un *sistema cultural*, que incluye conocimientos científicos y tecnológicos, pero también otros componentes culturales referidos a valores, habilidades, representaciones o creencias, etc. La situación se puede resumir en los siguientes términos: *la cultura forma parte de los sistemas técnicos y la técnica forma parte de la cultura*.

A partir de estas consideraciones, podemos definir la *cultura técnica de un grupo social como una cultura específica, formada por todos los rasgos culturales (información descriptiva, práctica y valorativa) que se refieren a, o se relacionan de algún modo con, sistemas técnicos*. Los componentes principales de la cultura técnica son pues (3):

1. Los conocimientos, creencias y representaciones conceptuales o simbólicas sobre las técnicas y sobre los sistemas técnicos. Llamaremos a esto *el contenido simbólico o representacional de la cultura técnica*.
2. Las reglas y pautas de comportamiento, habilidades y conocimientos operacionales referidos a sistemas técnicos. Llamaremos a esto *el componente práctico de la cultura técnica*.
3. Los objetivos, valores y preferencias relativos al diseño, adquisición, uso, etc., de sistemas técnicos y de conoci-

mientos técnicos. Llamaremos a esto *el componente valorativo o axiológico de la cultura técnica*.

Estos componentes de la cultura técnica se pueden presentar en dos modalidades: aquellos que *están incorporados* a sistemas técnicos y aquellos otros que, aun siendo parte de la cultura técnica de un grupo social, *no están incorporados* a ningún sistema técnico. En el primer caso hablaremos de cultura técnica *incorporada*; en el segundo hablaremos de cultura técnica *no incorporada*.

III. CULTURA TÉCNICA INCORPORADA

En efecto, los sistemas técnicos *incorporan* muchos contenidos culturales. Un sistema técnico está compuesto en parte por agentes humanos que actúan intencionalmente (operadores, gestores o usuarios del sistema). Para actuar en el sistema técnico, estos agentes necesitan determinada *información* que forma parte de su propia cultura, en especial:

1. Los *conocimientos, creencias o representaciones* que poseen acerca de los componentes, la estructura y el funcionamiento del sistema.
2. Las *habilidades prácticas y reglas de actuación* que son capaces de seguir para operar con el sistema, o para diseñarlo y construirlo.
3. Los *valores referidos especialmente a los objetivos y resultados* de cada una de sus acciones así como del sistema en su conjunto y a la relación entre ambos.

Todos estos elementos culturales se pueden considerar incorporados a cada sistema técnico a través de sus operadores y constructores humanos. El contenido cultural de cada sistema técnico concreto puede ser (y generalmente será) diferente, puesto que también lo es la cultura de los diferentes agentes humanos. *El conjunto de los contenidos culturales incorporados a todos los miembros de una clase de sistemas representativos de una determinada técnica constituye el contenido cultural de esa técnica en sentido estricto (cultura técnica incorporada).*

Por ejemplo, actualmente la tecnología del transporte individual mediante automóviles incluye una verdadera «cultura del automóvil» con muchas variantes. Hay, sin embargo, un contenido cultural mínimo que debe incorporarse a cada uno de los sistemas de transporte individual que se encuentran funcionando. En este caso, ese contenido mínimo de cultura tecnológica suele estar fijado por las leyes y reglamentos del tráfico y es objeto de enseñanza especializada y de control mediante exámenes, que los conductores de automóviles deben superar para obtener el permiso de conducción.

Obviamente, la técnica de conducir automóviles no es idéntica a la técnica que se utiliza para construirlos. El automóvil que sale de la fábrica incorpora muchos elementos culturales en su diseño y en los procesos de fabricación que se han llevado a cabo para producirlo. Algunos de estos elementos serán transparentes para el usuario, pero otros no. Para que el sistema funcione de forma adecuada, el repertorio cultural de los usuarios del automóvil

tendrá que incluir al menos una parte de los contenidos incorporados por el diseñador y el fabricante, pero no necesariamente todos ellos ni solamente ellos. Los miembros de una sociedad pueden usar automóviles aunque no sepan fabricarlos. E incluso pueden constituir con ellos sistemas técnicos con propiedades diferentes de las previstas por su diseñador.

Naturalmente, no todos los contenidos culturales se pueden incorporar de igual forma a cualquier sistema técnico, ni un mismo sistema técnico funciona igual en diferentes contextos culturales. Por ejemplo, cuando empezaron a difundirse las primeras lavadoras automáticas de uso doméstico, algunos usuarios tardaron en comprender la función del programador incorporado en las nuevas máquinas, y en vez de utilizarlo para seleccionar un programa preestablecido, tendían a usarlo como un sistema para dar manualmente sucesivas instrucciones a la máquina, a lo largo del proceso de lavado, de manera que en la práctica suprimían el carácter automático de las nuevas máquinas y reducían de manera considerable sus prestaciones. El nuevo sistema necesitaba una cultura diferente por parte del usuario, una cultura en la que se incorporara la noción de *programa*, y otras relacionadas con ella, en el contexto de la tecnología doméstica (4).

Hay otros muchos fenómenos observables en los procesos de cambio técnico y de transferencia de tecnologías que ponen de manifiesto la importancia de los contenidos culturales *incorporados* a los sistemas técnicos.

Son conocidos también los problemas encontrados en la

transferencia de tecnologías avanzadas a países en vías de desarrollo. La mayoría de estos problemas derivan del *desfase cultural* entre el contexto en el que se desarrolló originariamente la tecnología y el nuevo contexto al que se transfiere. Este desfase puede afectar no solo al nivel de conocimientos técnicos y de las habilidades de los usuarios, operarios y gestores del nuevo sistema, sino incluso a las preferencias y valoraciones respecto a los objetivos del sistema. Lo mismo se puede decir de los procesos de incorporación de novedades tecnológicas en el ámbito de una empresa: la nueva maquinaria o los nuevos productos y servicios ofrecidos por la empresa requieren, por lo general, poner en marcha procesos de adaptación de la plantilla de la empresa, sus rutinas, su formación, etc. En definitiva: la cultura tecnológica incorporada es, con frecuencia, el principal factor de innovación tecnológica en el sistema económico.

IV. CULTURA TÉCNICA NO INCORPORADA

Cabe hablar también de *contenidos técnico-culturales de la cultura de un grupo social no incorporados a ningún sistema técnico*. Los sistemas técnicos se desenvuelven en un contexto social más amplio, con el que interactúan de diferentes formas. En el contexto social de un sistema técnico puede haber individuos, que pueden o no ser agentes o usuarios del sistema, pero cuya cultura incluye representaciones, reglas y valoraciones de esos sistemas técnicos. Por ejemplo, pueden disponer de conocimientos científicos potencialmente aplicables al diseño y realización de sistemas técnicos, pueden

tener una filosofía determinista de la técnica, o una concepción lineal y teleológica del desarrollo tecnológico, o pueden mantener una ideología antitecnológica, o por el contrario tecnocrática; pueden tener ideas religiosas o morales acerca del valor de determinados objetivos técnicos (la fecundación *in vitro*, las centrales termoeléctricas, nucleares, etc.) o reglas de actuación que les prohíben usar determinadas técnicas (control de la natalidad, transfusión de sangre, por ejemplo) o representaciones ideológicas de algunas técnicas como elementos perversos o beneficiosos para la sociedad (por ejemplo, las distintas representaciones de los efectos de las innovaciones tecnológicas sobre el empleo, o del papel de las tecnologías de la comunicación en la organización democrática de la sociedad, etc.). En fin, pueden, simplemente, tener intereses o caprichos (valores económicos, políticos, estéticos, religiosos, etc.) a favor o en contra de una técnica o de todas las técnicas. Todos estos rasgos culturales pueden considerarse también parte de la *cultura técnica de un grupo social en sentido lato*, algunos de ellos pueden llegar a formar parte de la cultura técnica incorporada a alguna clase de sistemas técnicos, pero otros pueden ser parte importante de la cultura técnica aunque nunca formen parte del contenido cultural de ningún sistema técnico propiamente dicho.

Las fronteras entre la cultura técnica incorporada y no incorporada no son fijas. El desarrollo y la difusión de las tecnologías tienen un doble efecto: por una parte amplían el espectro de contenidos culturales que se incorporan a los sistemas técnicos; por otra parte suscitan la apari-

ción de nuevos rasgos técnico-culturales en sentido lato. Un ejemplo celebrado del primer tipo es la incorporación de algunos rasgos culturales de la sociedad japonesa a la organización de los procesos de producción en la industria del automóvil. Un ejemplo del segundo tipo es la extensión al público en general de las controversias tecnológicas acerca de la idoneidad, el riesgo, el impacto ambiental o las consecuencias sociales de determinados sistemas o proyectos tecnológicos.

Existen límites objetivos en estos procesos de trasvase cultural. Hay rasgos culturales que no son compatibles con el funcionamiento de determinados sistemas técnicos: un testigo de Jehová no puede ser, por el momento, un cirujano eficiente; un operario analfabeto no puede manejar un sistema de control complicado, de la misma forma que un ciego, con la tecnología actualmente disponible, no puede conducir un automóvil. Y hay sistemas técnicos que no pueden difundirse en una sociedad en la que predominan determinados rasgos culturales: una elevada valoración de la organización jerárquica puede hacer inviable la introducción de nuevas técnicas de producción que dejan en manos del operario una buena parte de la gestión del sistema. Los ingenieros de una factoría industrial no se pueden sustituir por chamanes de una tribu, y una empresa que apuesta por innovaciones tecnológicas radicales no tendrá éxito si no incorpora a su plantilla personal técnico con formación adecuada para gestionar la nueva tecnología.

Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la reflexión sobre la historia de la técnica es

precisamente comprender cómo los rasgos culturales característicos de diferentes sociedades se relacionan con las diferentes líneas de desarrollo tecnológico. Un caso especialmente llamativo es el de la distinta suerte que tuvieron en China y en Occidente algunos inventos muy significativos (la pólvora, la imprenta) cuyas potencialidades tecnológicas nunca se desarrollaron plenamente en la cultura que les dio origen. Otro caso llamativo, aunque en sentido contrario, es el del desarrollo de la tecnología de las armas de fuego en Japón: primero, fueron aceptadas (siglo XVI) y llegó a desarrollarse una industria significativa; posteriormente, fueron relegadas para preservar las armas y las técnicas militares propias de la cultura tradicional japonesa (siglo XVII); en última instancia fueron de nuevo incorporadas tras la apertura del Japón al exterior (1876) hasta desarrollar una potente industria militar que convirtió rápidamente a Japón en una potencia moderna en el primer tercio del siglo XX (Basalla, 2011).

Ante estos casos debemos preguntarnos cuál es realmente el papel de los elementos culturales en el desarrollo y difusión de las tecnologías. La cultura china hizo posible la invención de la pólvora y de la imprenta; pero no facilitó que estos inventos se desarrollaran y se difundieran como lo hicieron en Occidente. La cultura japonesa tradicional fue un obstáculo (a través de una decisión política) para la difusión de la tecnología de las armas de fuego occidentales; pero, tras otra decisión política, permitió posteriormente su rápida incorporación y su desarrollo. ¿Qué factores culturales jugaron en cada caso y cómo jugaron?

Una forma de contestar a estos interrogantes consiste en analizar con más detenimiento los mecanismos de trasvase de contenidos culturales desde los sistemas técnicos a los sistemas sociales de cualquier dimensión (países, empresas, etc.), y a la inversa.

V. LA DINÁMICA DE LA CULTURA TÉCNICA

La cultura técnica de una sociedad en un momento dado se caracteriza por:

1. La *cultura técnica incorporada* a los sistemas técnicos de que dispone esa sociedad. Esto incluye:
 - a) *Componentes cognitivos*, representacionales o simbólicos: conocimientos técnicos y científicos aplicados.
 - b) *Componentes prácticos u operacionales*: reglas de operación, habilidades técnicas de diseño, producción y uso de artefactos.
 - c) *Componentes valorativos*: objetivos incorporados a los sistemas técnicos y valoración de sus resultados, actitudes ante el riesgo, la incertidumbre, el cambio social necesario asociado a los diferentes sistemas técnicos, etc.
2. La *cultura técnica no incorporada* a sistemas técnicos, aunque referida a ellos o relevante para su producción, uso, etc. Esto incluye:
 - a) *Conocimientos básicos* (científicos, en el caso de la cultura tecnológica), no incorporados a siste-

mas técnicos, pero con potenciales aplicaciones técnicas. Representaciones simbólicas de la realidad, especialmente de los sistemas técnicos y sus relaciones con la sociedad. Mitos tecnológicos (o antitecnológicos, etc.).

- b) *Reglas de actuación* de carácter social, moral, religioso, político, económico, etc., que pueden ser significativas para el comportamiento relativo al uso y desarrollo de sistemas técnicos.
- c) *Valores y preferencias significativas para el uso y desarrollo de sistemas técnicos*. Por ejemplo, la valoración de la vida puede tener incidencia en el desarrollo de las técnicas médicas, la preferencia por la estabilidad frente al cambio puede impedir las innovaciones tecnológicas, etc.

La cultura técnica cambia y evoluciona como el resto de la cultura: casi continuamente los individuos están creando y ensayando nuevos rasgos culturales, algunos de los cuales tienen éxito, se consolidan, se enseñan a otros miembros de la sociedad y son aprendidos (y posiblemente modificados) por estos, etc. Lo específico de la dinámica de la cultura técnica es la importancia que en ella tiene el trasvase de contenidos culturales entre los sistemas técnicos y el resto de la cultura.

Muchos *mitos* ancestrales de la cultura occidental son el resultado de una transferencia de elementos culturales que se originan con el desarrollo de los sistemas técnicos y se generalizan

al resto de la cultura en forma de mitos. El más significativo de estos es el *mito de Prometeo*, (castigado por haber entregado el fuego a los humanos, y con él las artes y las técnicas industriales). Entre los mitos tecnológicos de la cultura moderna, uno de los más significativos es el de *Frankenstein*, muy ligado al desarrollo de las técnicas biomédicas y al descubrimiento de las propiedades y fenómenos electromagnéticos.

Es conocida también la influencia de la *experiencia técnica artesanal* en el nacimiento de la ciencia moderna (Bacon, Galileo, etc.) y en las representaciones filosóficas de la cultura moderna: el hombre máquina de los cartesianos, por ejemplo, y en la actualidad el *homo deus* de Harari o el modelo antropológico del transhumanismo (Diéguez, 2017).

La influencia de las *tecnologías más avanzadas* en la cultura actual es también fácil de percibir: la sociedad postindustrial, la sociedad de la información, del conocimiento, son representaciones de la realidad social inspiradas en las tecnologías de la comunicación y de la información (Mazlish, 1993).

La influencia de algunas *pautas de comportamiento* ligadas al funcionamiento de determinados sistemas técnicos sobre el resto de la sociedad también es bien conocida. Una de las más notables es seguramente la influencia que el reloj mecánico tuvo sobre la organización de la vida de toda la sociedad occidental a partir de finales de la Edad Media (Mumford, 1934; Pacey, 1974). La idea de un tiempo uniforme y constante y de intervalos invariablemente iguales solo se pudo extender a partir de

la disponibilidad de relojes mecánicos con un nivel suficiente de precisión y fiabilidad. Hasta el siglo XIV la vida social había podido funcionar con sistemas de medición del tiempo bastante imprecisos y dependientes de la duración variable el día y la noche, según la época del año. Podemos hacernos una idea de la magnitud del cambio cultural que esto ha supuesto si nos paramos a pensar cómo podría vivir una sociedad moderna actual si de repente dejaran de funcionar todos los relojes. El famoso *efecto 2000* de los ordenadores (la alteración de los calendarios internos de muchos grandes equipos informáticos que pasarían a contar el año 0, cuando llegara el año 2000) y los quebraderos de cabeza que dio durante meses, es un pálido reflejo de lo que podría ser nuestro mundo si dejara de funcionar la *cultura del tiempo uniforme* que se consagró con el uso de los primeros relojes mecánicos medievales (5).

Hay también *valores* de origen tecnológico, que se han generalizado al resto de la cultura. Los ilustrados del siglo XVIII prácticamente hacían equivalentes las nociones de progreso técnico y de felicidad y progreso moral. Todavía hoy identificamos el bienestar como objetivo vital con el confort y la disponibilidad de artefactos tecnológicos eficaces y fiables. Pero esto requiere una atención especial. En la cultura tecnológica occidental hay dos valores que desempeñan un papel central. Se trata de los valores de *eficiencia* e *innovación*. En mi opinión se trata de valores estrictamente técnicos cuya generalización al resto de la cultura ha contribuido a configurar el núcleo de lo que hoy se considera la cultura moderna occidental (Quintanilla, 1993; 1997; 998)

(Quintanilla, 1996) y son inseparables de la noción de progreso tecnológico.

VI. FACTORES CULTURALES DEL CAMBIO TÉCNICO

Una teoría integral del cambio técnico debe tener en cuenta todas sus dimensiones y su objetivo debe ser articular el conjunto de factores que intervienen en ese complejo proceso.

Desde luego, no existe un conjunto de condiciones sociales que garantice una elevada producción y difusión de invenciones técnicas viables. Pero sí se puede establecer que algunos factores culturales facilitan y otros dificultan la *aparición de nuevas ideas prácticas, útiles y eficientes*. Una sociedad con un elevado nivel de formación científica y técnica tendrá más posibilidades de diseñar nuevas aplicaciones técnicas del conocimiento disponible y de utilizar sus recursos cognitivos para resolver de forma innovadora problemas prácticos. Naturalmente, esto no es suficiente; pero mejora la situación si además se dispone de un buen repertorio de prácticas técnicas y predominan en esa sociedad pautas de comportamiento y valores guiados por los principios de eficacia y eficiencia, y además se trata de una cultura abierta a la novedad y en la que se valora la creatividad. En cualquier época histórica y ambiente social, en los que se pueda localizar una elevada concentración de novedades técnicas, casi siempre encontraremos también una fuerte presencia de todos estos componentes culturales.

Los procesos de *innovación y difusión de las innovaciones* están más directamente condi-

cionados por factores económicos y sociales que por los estrictamente culturales. Pero estos también desempeñan un papel importante. En primer lugar, la velocidad y la intensidad de la difusión de las novedades tecnológicas depende en buena medida del acceso a la información por parte de los agentes involucrados en el cambio técnico, usuarios, tecnólogos, empresarios, etc. En una sociedad cerrada, con una cultura técnica basada en el secreto industrial, será más difícil la difusión de las innovaciones que en una sociedad en la que la información técnica pueda circular ampliamente: la mayor parte de las innovaciones técnicas surgen de la imitación y adaptación de otras innovaciones. En segundo lugar, algunas actitudes y pautas de comportamiento en relación con la producción y la distribución de bienes tecnológicos pueden también condicionar la difusión de innovaciones. Por ejemplo, la desconfianza hacia los productos industriales nacionales (o por el contrario, hacia los extranjeros) puede dificultar o facilitar la difusión de innovaciones de uno u otro origen. Y por último, la influencia de determinados valores en relación con la seguridad, el riesgo, la alteración del medio ambiente, etc., pueden ser poderosos baluartes de resistencia ante determinadas innovaciones técnicas o, por el contrario, actuar como motores del cambio técnico. De hecho, uno de los fenómenos más característicos de la cultura tecnológica actual en los países más desarrollados consiste en la generalización de los debates públicos sobre la conveniencia o no de determinados proyectos tecnológicos que son percibidos como amenazas a la seguridad, la salud, el medio ambiente, etcétera.

En nuestro modelo, el *cambio social e institucional* es una dimensión inherente al cambio técnico. No se trata, desde luego, de volver a introducir el determinismo tecnológico, sino de reconocer, siguiendo el modelo de Freeman y Soete (1997), Pérez (1983) y Freeman y Pérez (1988), que el desarrollo tecnológico es inseparable del cambio social e institucional. Pues bien, también a este nivel hay una incidencia obvia de los factores culturales. En primer lugar, la propia idea que una sociedad tiene de sí misma y de la tecnología puede tener una influencia decisiva sobre el cambio técnico. Por ejemplo, una sociedad que se concibe a sí misma como algo fijo e inmutable no tendrá el mismo éxito para adoptar los cambios que acompañan al desarrollo tecnológico que otra que se considera abierta y mutable. Por otra parte, también sería útil analizar hasta qué punto los mitos tecnofóbicos de nuestra época (la «hipermáquina», la rebelión de las máquinas pensantes, etc.) condicionan las transformaciones sociales contemporáneas. Las costumbres, modas y formas de vida también son factores importantes a la hora de explicar determinados movimientos de adaptación y acompañamiento de la sociedad a los cambios tecnológicos. Como se puede constatar, siguiendo los pasos de la revolución industrial de los siglos XVIII y XIX, la introducción de nuevas formas de utilizar las herramientas y máquinas en el proceso productivo, de nuevas relaciones laborales o de nuevas formas de gestión, no se produce igualmente en sociedades agrarias que en sociedades industriales. Y por último, un cúmulo de valores morales, religiosos, políticos, etc., que afectan a los mecanis-

mos de generación de consenso en torno a los grandes proyectos a largo plazo de una sociedad, pueden tener repercusiones importantes en los procesos de innovación social y tecnológica a todos los niveles. Los debates sobre la tecnología militar durante los años de la guerra fría, o los actuales debates sobre las repercusiones a largo plazo de la ingeniería genética, pueden ser importantes para la orientación del desarrollo tecnológico y la transformación de la sociedad.

Desde luego, junto a este amplio repertorio de factores culturales, no debe olvidarse, por una parte, la incidencia de los factores económicos y sociales y, por otra, la importancia de las propias trayectorias tecnológicas previas. Los cambios técnicos en un momento dado no son independientes de los que se han producido en momentos anteriores: por mucho espíritu innovador y creativo que haya en la cultura de una sociedad, pocas innovaciones tecnológicas podrán llevarse a cabo si el equipamiento tecnológico previamente acumulado es nulo o despreciable. Los procesos de innovación tienen una fuerte inercia o *impulso* en terminología de Hughes (1987): en una sociedad con fuerte tradición innovadora, la tendencia a introducir innovaciones tecnológicas continuará mucho tiempo después de que hayan desaparecido las condiciones culturales, económicas y sociales que contribuyeron a dar los primeros pasos en la senda de la innovación. Y, al contrario, una sociedad sin tradición de innovación tecnológica tardará años y requerirá grandes esfuerzos hasta que consiga despegar en el camino de la innovación tecnológica.

En resumen, una sociedad o una empresa con capacidad e interés por la innovación tecnológica tiene que dirigir su atención no solo a los factores económicos, financieros, organizativos y mercantiles, sino también a los factores culturales que pueden ser decisivos para el éxito o el fracaso de su proyecto. El disponer de un modelo coherente y detallado de la cultura científica y tecnológica, como el que hemos presentado aquí, nos puede ayudar a mejorar nuestro conocimiento de los mecanismos culturales que intervienen en los procesos de innovación tecnológica, tanto nivel micro (empresas, instituciones, grupos sociales) como macro (países, organizaciones internacionales). A continuación veremos algunos resultados concretos de la aplicación de nuestro modelo al análisis de fuentes de información sobre cultura científica y tecnológica en tres ámbitos decisivos: la cultura que se transmite en el sistema escolar, la percepción social de la ciencia y la tecnología que se observa a través de las encuestas de opinión, y el análisis de una encuesta sobre cultura científica empresarial.

VII. LA CULTURA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA EN EL SISTEMA ESCOLAR

La cultura científica y tecnológica que caracteriza a las sociedades actuales se aprende y se difunde a través del sistema de escolarización universal que se da en casi todos los países en nuestra época. El resto de la información cultural sobre ciencia y tecnología llega a la población a través de los medios de comunicación masiva, y últimamente también a través de las nuevas tecnologías de las redes sociales

y la comunicación digital. En todos estos campos, hemos iniciado estudios que nos pueden ayudar a comprender mejor el alcance de las transformaciones que está experimentando la cultura científica y tecnológica y las consecuencias que esto puede tener. Veamos, en primer lugar, el proyecto dedicado al análisis de la cultura científica y tecnológica en los libros de texto de dos cursos de la enseñanza obligatoria en España (Groves, Quintanilla, y Escobar 2012). Relatamos aquí los objetivos y resultados generales de este proyecto y remitimos al lector interesado al repositorio documental Gredos de la Universidad de Salamanca, para consultar el informe final completo.

Este proyecto forma parte del trabajo que realiza nuestro grupo en cultura tecnológica. El objetivo general del grupo es analizar el concepto de cultura tecnológica y explorar en qué medida diversos factores relacionados con él pueden ayudarnos a comprender mejor las necesidades y posibilidades de innovación en la economía española. En este contexto general, el objetivo específico de este estudio fue analizar la importancia y los tipos de elementos de la cultura científica y tecnológica y de la cultura de la innovación presentes en los libros de texto de la ESO. Para ello analizamos 81 libros de todas las asignaturas obligatorias y de algunas optativas que utilizaron los alumnos de primero y cuarto de la ESO durante el curso 2005-2006, editados por alguna de las cuatro editoriales de libros de texto más importantes de España. El tratamiento estadístico de la inmensa cantidad de párrafos de texto analizados nos permitió obtener resultados relevantes:

1. Detectar el peso relativo de la cultura científica y tecnológica en todo el cuerpo de conocimientos que se transmite a los estudiantes de la ESO, distribuidos por asignaturas, cursos y editoriales.
2. Analizar los tipos de cultura científica y tecnológica de los libros de texto, según las categorías interpretativas de nuestro modelo analítico.
3. Analizar la presencia y la importancia relativa de dos tipos de metáforas (de amenazas y de promesas) asociadas a la percepción de la ciencia, la tecnología y la innovación en los libros de texto de la ESO.

Las conclusiones más relevantes para nuestro proyecto de cultura científica y tecnológica son las siguientes:

1. A partir del peso de las distintas materias en los libros de texto que examinamos, se puede decir que en la Educación Secundaria Obligatoria existe un claro *equilibrio entre los contenidos científicos y tecnológicos, por un lado, y los contenidos humanísticos y sociales, por otro*.
2. El análisis de las redes semánticas entre diferentes contenidos científicos revela una densa red de relaciones entre ellos, que traspasa los límites tradicionales de las disciplinas académicas. Esto significa que todas las disciplinas están conectadas con *contenidos genéricos que pueden ser relevantes para la cultura de innovación empresarial*. Solo hay una aparente excepción: *Matemáticas, que es la asignatura que más pesa en el currículo escolar, pero no tiene relaciones significativas con el resto de asignaturas*.

3. Otra característica significativa que revela el análisis automático de contenido es el claro *predominio de las tecnologías de la información, desde la perspectiva del usuario*, en el área de Educación Tecnológica.
4. No obstante, existen elementos suficientes en los libros de la ESO que permiten conectar contenidos científicos y tecnológicos con *conceptos relevantes de la cultura de la innovación empresarial*, como los conceptos genéricos de conocimiento, competitividad, industria, producción, economía, etc.
5. El análisis manual de los párrafos codificados como Innovación Empresarial, Ciencia y Tecnología refuerza la conclusión de que los libros de la ESO se caracterizan por una *visión académicamente sesgada de la cultura científica*. Por un lado, existe muy poca relación entre contenidos científicos y tecnológicos; por otro lado, existe muy poca relación entre los elementos intrínsecos y extrínsecos de la cultura científica. Los contenidos científicos no se relacionan significativamente con sus aplicaciones prácticas a través de la tecnología. Y la tecnología se percibe más como un instrumento que hay que aprender a utilizar que como un conjunto de soluciones prácticas basadas en el conocimiento científico. Además, parece haber una división en cuanto a la transmisión de la cultura científica: los libros de ciencia proporcionan contenido de conocimiento científico, mientras que los libros de disciplinas humanísticas y ciencias sociales transmiten

representaciones de la ciencia y actitudes hacia ella.

6. A pesar de todo esto, la *percepción de la ciencia que se transmite a los estudiantes no es ni pesimista ni negativa*; en realidad, es optimista o polarizada (visiones tanto pesimistas como optimistas de la ciencia).

VIII. ACTITUDES Y CONOCIMIENTOS

En su origen, los estudios de sociología de la ciencia pretendían comprender un aspecto de la cultura científica que se daba como un hecho indudable: el apoyo de los ciudadanos a la ciencia y la confianza en los resultados y procedimientos de la investigación científica eran tanto más probables y robustos cuando mayor fuera el nivel de alfabetización científica que alcanzasen. A lo largo de los años, esta suposición se ha ido debilitando y hoy predomina entre los especialistas la idea de que un elevado nivel de alfabetización puede ser compatible con diferentes perfiles de cultura científica. La situación aconseja, por tanto, cambiar el enfoque unidimensional de configuración y maduración de la cultura científica como participación en el saber por un enfoque multidimensional en el que la variación de la cultura científica no se mida solamente en términos de niveles de conocimiento alcanzado por la población, sino que tenga en cuenta, como variables independientes, otras dimensiones de la cultura científica, más allá de la alfabetización. En concreto, durante los últimos años, hemos estado analizando los resultados de las encuestas de percepción de la ciencia que cada dos años

lleva a cabo la FECYT (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología) aplicando la estrategia sugerida por el modelo de cultura científica y tecnológica que hemos descrito más arriba. Como variable representativa de la cultura científica extrínseca hemos utilizado AGC (actitud general hacia la ciencia) y como representativa de la cultura científica intrínseca, la variable NCCI, que mide el nivel de cultura científica intrínseca, basado en las respuestas de los encuestados a preguntas típicas del modelo de alfabetización. Algunas de las conclusiones más notables que se derivan de nuestro análisis son las siguientes:

1. Se ha comprobado la idoneidad de un modelo bidimensional de cultura científica, compuesto por un índice de actitud general hacia la ciencia (índice actitudinal) y otro de cultura científica intrínseca (índice cognitivo). Se trata de indicadores independientes entre sí y está justificado que en los análisis de cultura científica deban ser contemplados y distinguidos claramente.

A partir de estos indicadores, se pueden configurar cuatro perfiles de cultura científica y comprobar su robustez y estabilidad durante los últimos años en España. Entre ellos destaca que el grupo mayoritario de la población (casi el 40 por 100) manifiesta una actitud general positiva hacia la ciencia y acredita un nivel alto de familiaridad con el conocimiento científico. En cambio, el grupo más alejado de la cultura científica, tanto en conocimiento como en actitud es minoritario (6 por 100) y tiende a disminuir.

2. El nivel de apoyo de la población al gasto en ciencia y tecnología en España está más asociado con los niveles de actitud general positiva hacia la ciencia, que con los niveles de cultura científica intrínseca. Esto sugiere que una campaña de extensión de la cultura científica, si se hiciera, debería orientarse, principalmente, hacia la promoción de actitudes positivas hacia la ciencia, y no simplemente a elevar el nivel de conocimiento científico.
3. Con la información disponible en las encuestas, se podría deducir que una actitud positiva hacia la ciencia y un nivel elevado de conocimiento científico son compatibles con la confianza en determinadas prácticas no científicas en el área de la salud. Por ello, se ha de profundizar en el conocimiento de los mecanismos sociales que condicionan la disposición de la población hacia ellas, a fin de que desaparezca el vínculo que une una actitud favorable hacia la ciencia con una opinión también positiva hacia prácticas sanitarias con ninguna efectividad comprobada. Si ello se confirmara, sería aconsejable incluir en los temarios de educación y en las campañas de difusión de la cultura científica apartados específicos dedicados a los efectos perversos de las pseudociencias.

IX. FACTORES CULTURALES DE LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL

Recientemente hemos aplicado nuestro modelo de cultura

científica y tecnológica al análisis de la encuesta sobre cultura de la innovación tecnológica dirigida a empresarios españoles (6). Se trataba de averiguar si, con la información proporcionada por la encuesta, era posible detectar la influencia de factores culturales sobre la capacidad innovadora de las empresas. Como variable dependiente utilizamos una medida de la capacidad innovadora de la empresa basada en la información sobre proyectos de I+D en los que está implicada y patentes registradas. Como variables intermedias, utilizamos variables de cultura científica y tecnológica de carácter intrínseco y extrínseco, como en otras aplicaciones el mismo modelo, aunque en este caso hemos aumentado el número y el tipo de variables, según la naturaleza objetiva o subjetiva de su contenido. Por ejemplo, que los dirigentes empresariales mantengan una actitud positiva hacia la ciencia y la tecnología es un indicador equivalente a la AGC de nuestro modelo, de carácter subjetivo, mientras que el hecho de que el directivo que contesta la encuesta indique que es partidario de tomar decisiones de gestión empresarial guiándose por criterios científicos acreditados (RADE), se puede interpretar como indicador de cultura científica intrínseca incorporada a la gestión de la empresa, aunque en este caso sea de naturaleza subjetiva. Lo mismo ocurre con los factores de cultura científica extrínseca, como la ubicación de la empresa en el entorno de un parque científico empresarial (PAR), o intrínseca como la disponibilidad de un departamento propio de I+D (DPID) en la propia empresa.

Cuando se hagan públicos los resultados completos de la encuesta será el momento de

calibrar hasta qué punto son coherentes con el modelo explicativo de la cultura tecnológica que estamos proponiendo. Mientras tanto, podemos adelantar lo siguiente:

En conjunto, podemos decir que la capacidad innovadora de las empresas está muy vinculada a la disponibilidad de un departamento propio de I+D (factor objetivo intrínseco) y a la actitud general hacia la ciencia (AGC) de los dirigentes de la empresa. También influye la ubicación de la empresa en un parque científico. Frente a esto, la racionalidad de la toma de decisiones en la gestión de la empresa (RADE) no parece ser relevante como factor de innovación. En todo caso, la combinación de los factores objetivo intrínseco (DPID) y subjetivo extrínseco (AGC) parece claramente *la mejor opción para explicar la capacidad innovadora de la empresa: disponer de departamento propio de I+D y de dirigentes con actitudes positivas hacia la cultura científica*, algo que encontraremos más fácilmente en empresas con directivos masculinos, con *formación de nivel de universitario, no pertenecientes al sector de la construcción, mejor si se ubican en parques científicos y su empresa no posee un pequeño tamaño*, y da igual que en su trabajo de gestión empresarial se atengan a pautas tradicionales o por el contrario incorporen las más avanzadas técnicas de gestión racional.

La situación de la cultura científica empresarial es similar a la que observamos con carácter general en las encuestas de percepción pública de la ciencia: la situación óptima se da en el grupo de encuestados que destacan por una actitud general hacia la ciencia más positiva y

por un nivel igualmente elevado de cultura científica intrínseca. En el caso de la encuesta empresarial, el grupo equivalente es el que forman las empresas cuyos dirigentes tienen una actitud positiva hacia la cultura científica y sus empresas disponen de infraestructura de I+D que les permite aportar innovaciones tecnológicas propias.

Si pretendiéramos extraer conclusiones prácticas para diseñar políticas culturales de ciencia y tecnología orientadas a mejorar la capacidad innovadora de las empresas, podríamos adelantar algunas recetas plausibles:

1. Apoyar a las empresas de tamaño mediano o grande que se decidan a invertir en I+D creando sus propios laboratorios.
2. Elevar el nivel educativo general y difundir la cultura científica, en especial las actitudes positivas hacia la ciencia y la tecnología, entre los dirigentes empresariales.
3. Promover la creación de parques científicos y tecnológicos y la instalación de empresas en ellos.

Como contrapartida, podríamos ensayar también alguna «contrarreceta». Los datos disponibles no autorizan a concluir que la mejora en la capacidad de innovación tecnológica de una empresa dependa del empleo de técnicas de gestión más racionales y científicas, así que debería ponerse sumo cuidado en no ahogar la creatividad científica y empresarial cargando a los laboratorios y a las empresas con tareas burocráticas improductivas y palabrería pseudocientífica (*business bulshit* [Spicer, 2017]).

NOTAS

(1) Y también en el lenguaje, el pensamiento, la filosofía, la política, hasta convertir el concepto de innovación en una especie e idea trascendental que se puede aplicar con generosidad. No seguiremos aquí ese camino ya iniciado brillantemente por otros filósofos como ECHEVERRÍA (2018).

(2) Siguiendo la convención que propuse en mi libro (QUINTANILLA, 1989), utilizo el término «técnica» en sentido genérico para referirme a cualquier tipo de técnica, reservado el término «tecnología» para referirnos a un tipo específico de técnicas de base científica y aplicación industrial.

(3) Nuestro planteamiento difiere, aunque no es totalmente incompatible con el de otros autores que se han ocupado intensamente de los aspectos culturales de la tecnología. Por ejemplo, PACEY (1983) distingue tres aspectos en la *práctica tecnológica*: el propiamente técnico, el organizacional y el cultural. Este último incluye los objetivos, valores, creencias sobre la técnica (como la creencia en el progreso, etc.).

(4) En la actualidad, los denodados esfuerzos por encajar la tecnología de Internet en los esquemas culturales de los medios tradicionales de información (televisión, multimedia) y comunicación (telefonía personal y empresarial) nos proporcionan una buena muestra de esta deriva «procurstiana» (lo nuevo debe encajar en lo viejo) de la cultura tecnológica.

(5) No hace falta ir tan lejos en el tiempo. ¿Alguien podría imaginar cómo sería nuestra vida cotidiana si de repente desaparecieran todos los teléfonos móviles? Se trata de una tecnología reciente, que se ha expandido de forma casi instantánea por toda la tierra y que ha alterado aspectos fundamentales de la cultura universal.

(6) Realizada por JESÚS REY ROCHA e IRENE LÓPEZ NAVARRO. Los resultados de la encuesta están aún pendientes de ser publicados.

BIBLIOGRAFÍA

BASALLA, G. (2011). *La evolución de la tecnología*. Barcelona: Crítica.

DIÉGUEZ, A. (2017). *Transhumanismo: la búsqueda tecnológica del mejoramiento humano escrito por Antonio Diéguez*. Barcelona: Herder.

ECHEVERRÍA, J. (2018). *El arte de innovar. Naturalezas, lenguajes, sociedades*. Madrid: Plaza y Valdés.

FREEMAN, CH. y SOETE, L. (1997). *The economics of industrial innovation*. Psychology Press.

GROVES, T., QUINTANILLA, M. Á. y ESCOBA, G. (2012). Scientific and Technological Culture in Secondary Education Textbooks in Spain. En *Os Manuais escolares e os j6venes: t6dio ou curiosidade pelos saberes?*, pp. 135-150. Lisboa: Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias.

MOSTERÍN, J. (1993). *Filosofía de la cultura*. Alianza Editorial.

QUINTANILLA, M. Á. (1989). *Problemas filosóficos de la tecnología. Tecnología un enfoque filos6fico*, pp. 19-38. Madrid: Fundesco.

QUINTANILLA, M. Á. (1993). Seis conferencias sobre filosofía de la

tecnología. *Plural (Administración de Colegios Regionales)*, pp. 11-12.

QUINTANILLA, M. Á. (1997). El concepto de progreso tecnológico. *Arbor-Ciencia Pensamiento y Cultura*, 157, pp. 377-390.

QUINTANILLA, M. Á. (1998). Technical Systems and Technical Progress. *Techné: Research in Philosophy and Technology*, 4(1), pp. 72-79.

QUINTANILLA, M. Á., ESCOBAR, M., GROVES, T., MONTERO, J. A., PALACIOS, R., ORELLANA, A., MCBRIDE, E. y MONTAÑÉS PERALES, Ó. (2011). *Scientific and technological culture in ESO textbooks. La cultura científica y tecnológica en los libros de texto de la ESO*. Salamanca: Instituto de Estudios de la Ciencia y la Tecnología. Universidad de Salamanca.

REY, J. y LÓPEZ, I. (eds.) (2021). *Cultura científica y empresa. Percepciones y actitudes del sector empresarial hacia la ciencia, la tecnología y la innovación en España, en los albores del siglo XXI (en prensa)*.

SCHUMPETER, J. (1939). *Business Cycles*. New York: McGraw-Hill.

SCHUMPETER, J. A. (2009). *Can Capitalism Survive?: Creative Destruction and the Future of the Global Economy*. Harper Collins.

SPICER, A. 2017. *Business Bullshit*. Routledge.