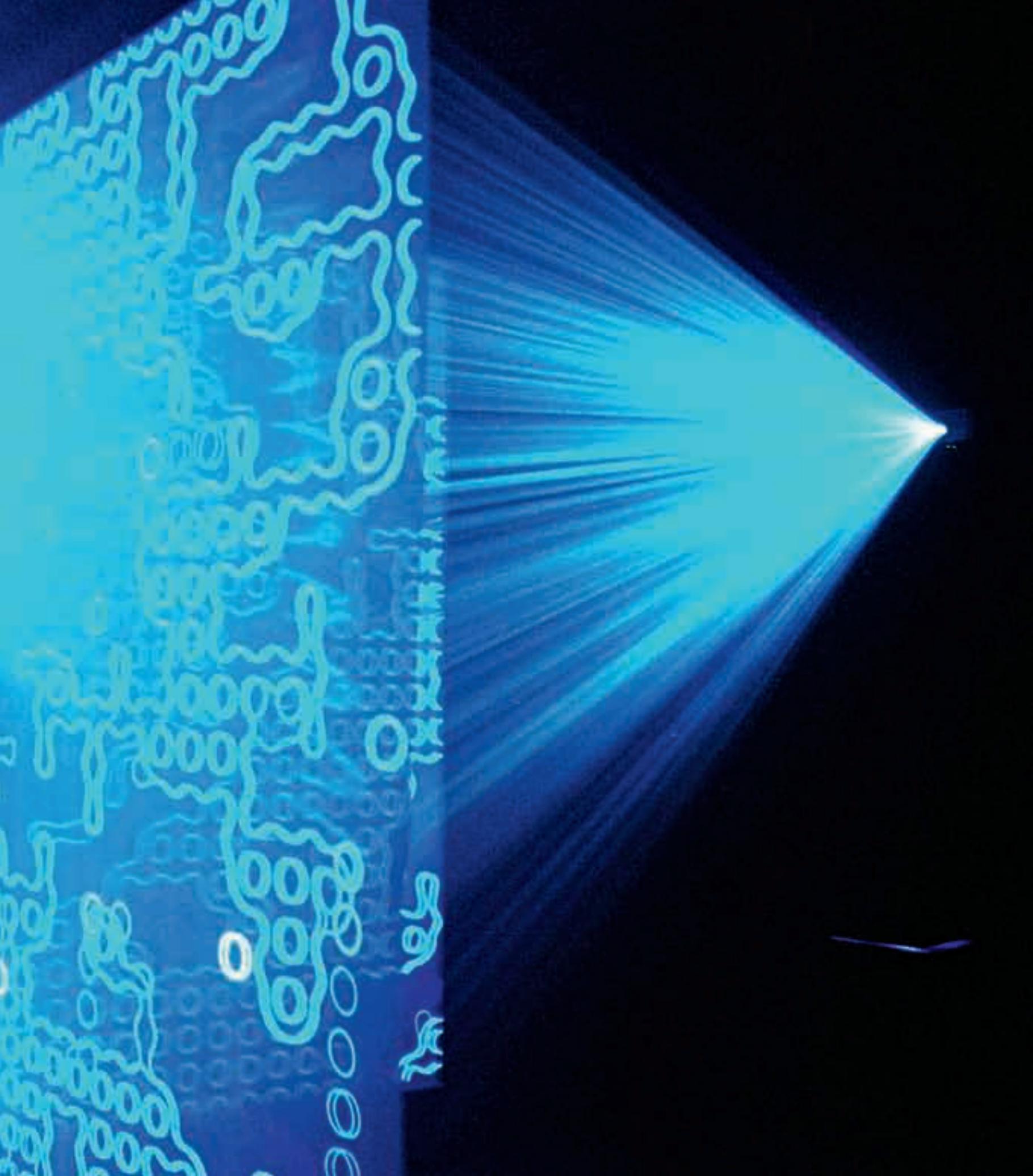


A man in silhouette stands in profile, looking upwards at a wall covered in glowing blue patterns. The patterns consist of various shapes, including circles, wavy lines, and abstract forms, all illuminated with a bright blue light. The overall scene is futuristic and technological.

INNOVACIÓN
Perspectivas para el siglo XXI

BBVA

BBVA



INNOVACIÓN

Perspectivas para el siglo XXI

BBVA

Dentro de la serie que edita BBVA, para este tercer libro hemos elegido como tema central la innovación. Esta elección responde a dos criterios fundamentales: el primero es la relevancia decisiva de la innovación como el principal factor capaz de impulsar el crecimiento económico y la mejora de los estándares de vida de las personas a largo plazo. Así ha sido a lo largo de la historia, pero en nuestra época se abren posibilidades infinitas para la innovación, en paralelo al acelerado progreso científico y tecnológico. Por otra parte, la innovación se hace hoy más necesaria que nunca para afrontar los grandes retos de la especie humana: la desigualdad y la pobreza, la educación y la salud, el cambio climático y el medio ambiente. Necesitamos dosis masivas de innovación en nuestra economía y nuestra sociedad para hacer compatible una mejora generalizada de los niveles de bienestar de casi 7.000 millones de personas –y creciendo–, con la preservación del medio natural para las generaciones futuras. El segundo criterio es la coherencia con la cultura de BBVA. El compromiso de nuestro Grupo con la generación y la difusión del conocimiento entronca directamente con la visión que orienta toda nuestra actividad: “BBVA, trabajamos por un futuro mejor para las personas”. Las personas son el primer pilar en el que se fundamenta nuestro trabajo; y este trabajo que realizamos por y para las personas se desarrolla a partir de los otros dos pilares de nuestra cultura y nuestra estrategia: los principios y la innovación.

Índice

- 10 **Innovación para la banca del siglo XXI**
Francisco González
- 23 **Las raíces de la innovación**
Alex Pentland
- 33 **La arqueología de la innovación: enseñanzas para nuestro tiempo**
Sander van der Leeuw
- 57 **Innovación: es un hecho generalmente aceptado que la ciencia conforma la tecnología, pero ¿eso es todo?**
Nathan Rosenberg
- 73 **Dos dinámicas de conocimiento para la innovación**
Hiroyuki Itami
- 85 **Innovación dentro y fuera de la empresa: cómo fomentan los mercados de tecnologías la innovación abierta**
Alfonso Gambardella
- 107 **Cultura, valores y ciclos largos del desarrollo capitalista**
Francisco Louçã
- 129 **El cambio tecnológico y la evolución del sistema nacional de innovación estadounidense en el periodo 1880-1990**
David C. Mowery
- 143 **Mapa de la creatividad en la Unión Europea**
Edward Lorenz y Bengt-Aake Lundvall
- 163 **Organizaciones innovadoras: estructura, aprendizaje y adaptación**
Alice Lam
- 181 **Innovación impulsada por los usuarios**
Eric von Hippel
- 199 **El poder de la libertad creativa: lecciones extraídas del MIT Media Lab**
Frank Moss
- 211 **Crear abundancia mediante la aplicación de una disciplina de la innovación**
Curtis R. Carlson

229 Diseñar innovación radical

Harry West

241 Innovación: tras la palabra de moda

Pascal Sobol

255 Cultura innovadora: valores, principios y prácticas de primeros ejecutivos en empresas altamente innovadoras

Joaquim Vilá

269 Una revisión del desarrollo económico: ¿cómo ha contribuido la innovación a la lucha contra la pobreza?

Manuel Mira Godinho

287 La innovación y la economía de los servicios

Ian Miles

305 Innovación financiera: una visión equilibrada

Robert E. Litan

323 La industria financiera y la crisis: el papel de la innovación

Xavier Vives

333 Innovación y cambio climático

Edward S. Rubin

351 Innovación para la vida con robots terapéuticos: Paro

Takanori Shibata

367 Innovación: cambiar el rostro de la discapacidad

Hugh Herr y Ernesto Martínez-Villalpando

383 La ciudad venidera

Carlo Ratti y Nashid Nabian

399 Ópera del futuro para robots y también para personas

Tod Machover

409 Relación de autores

415 Relación de artistas

Innovación para la banca del siglo XXI

Francisco González

Presidente de BBVA

Este libro, *Innovación. Perspectivas para el siglo XXI*, es la tercera entrega de una serie que viene publicando anualmente el Grupo BBVA, dedicada a difundir y a proyectar en la sociedad el conocimiento sobre grandes cuestiones que están configurando el siglo XXI. Con este propósito, buscamos grandes investigadores y creadores a nivel mundial, para que con el mayor rigor y objetividad —y con un lenguaje y un enfoque al alcance del lector no especialista— aborden los avances recientes del conocimiento y los debates que continuamente tienen lugar en las fronteras de la investigación y de la creación artística.

El primero de estos libros, *Fronteras del Conocimiento*, se vinculó al lanzamiento de los Premios del mismo nombre, otorgados por la Fundación BBVA, y se centraba en los avances recientes y los retos fundamentales en las ocho áreas premiadas: la biomedicina; la ecología y la biología de la conservación; el cambio climático; las tecnologías de la comunicación y la información; la economía, las finanzas y la gestión de empresas; la cooperación para el desarrollo y las artes contemporáneas.

El segundo libro presentó una panorámica amplia y diversa del complejo fenómeno de la globalización, que afecta de manera muy profunda a todas las dimensiones de la vida de los ciudadanos de nuestro tiempo.

Para este tercer libro, y dentro de una línea de continuidad de la colección, hemos elegido como tema central la innovación. Esta elección responde a dos criterios fundamentales: el primero es la relevancia decisiva de la innovación como el principal factor capaz de impulsar el crecimiento económico y la mejora de los estándares de vida de las personas a largo plazo. Así ha sido a lo largo de la historia, pero en nuestra época se abren posibilidades infinitas para la innovación, en paralelo al acelerado progreso científico y tecnológico. Por otra parte, la innovación se hace hoy más necesaria que nunca para afrontar los grandes retos de la especie humana: la desigualdad y la pobreza, la educación y la salud, el cambio climático y el medio ambiente. Necesitamos dosis masivas de innovación en nuestra economía y nuestra sociedad para hacer compatible una mejora generalizada de los niveles de bienestar de casi 7.000 millones de personas —y creciendo—, con la preservación del medio natural para las generaciones futuras.

El segundo criterio es la coherencia con la cultura de BBVA. El compromiso de nuestro Grupo con la generación y la difusión del conocimiento entronca directamente con la visión que orienta toda nuestra actividad: «BBVA, trabajamos por un futuro mejor para las personas». Las personas son el primer pilar en el que se fundamenta

nuestro trabajo; y este trabajo que realizamos por y para las personas se desarrolla a partir de los otros dos pilares de nuestra cultura y nuestra estrategia: los principios y la innovación.

Los principios de BBVA pueden resumirse en el convencimiento de que la ética no solo es deseable, sino también rentable. Actuar de acuerdo con valores firmes de honestidad, integridad y transparencia es fundamental para establecer relaciones de confianza, estrechas y duraderas, con todos nuestros grupos de interés: nuestros accionistas, proveedores, reguladores y, muy particularmente, nuestros propios colaboradores y nuestros clientes.

Este compromiso ético se extiende al conjunto de las sociedades en las que operamos y a la sociedad global. Porque pensamos que el desarrollo económico y la estabilidad social son clave para el crecimiento sostenido y rentable de BBVA. Y, por eso, BBVA lleva a cabo una intensa acción en el terreno social, que se enfoca muy particularmente en el impulso a la educación y al conocimiento. Este es el marco en el que se inscriben estos libros, entre otras muchas iniciativas, como los propios Premios Fronteras del Conocimiento y el conjunto de la actividad de la Fundación, así como ambiciosos programas de fomento educativo desarrollados por el banco en todos los países donde estamos.

Pero, por encima de la indudable relevancia de estas acciones, en BBVA entendemos que nuestra mayor contribución para mejorar la vida de las personas se canaliza a través de nuestra actividad diaria. La banca, y la industria financiera en general, desarrollan funciones de la máxima importancia para la vida diaria de las personas y para el desarrollo económico y la estabilidad social. BBVA se esfuerza cada día por ofrecer más y mejores soluciones a nuestros clientes y por facilitar el acceso a esas soluciones a más personas. La innovación es una herramienta fundamental: para que nuestro esfuerzo diario consiga los mejores resultados, y para que BBVA se convierta, como queremos, en el mejor banco universal del mundo —es decir,

“La innovación se hace hoy más necesaria que nunca para afrontar los grandes retos de la especie humana: la desigualdad y la pobreza, la educación y la salud, el cambio climático y el medio ambiente”

el que ofrece más y mejores soluciones a las personas y a las empresas.

Sobre estas cuestiones volveré después, pero antes quisiera destacar que el esfuerzo de publicación de estos libros en los últimos tres años ha resultado extremadamente gratificante y productivo. Cada año hemos tenido el privilegio de trabajar con algunos de los mayores expertos del mundo en materias del máximo interés. El contacto con ellos y con sus ideas nos ha enriquecido a todos.

Este año nos sentimos también extraordinariamente satisfechos y orgullosos de la calidad de los autores que han aceptado participar en nuestro proyecto. Hemos contado con un selecto grupo de los mejores y más prestigiosos especialistas del mundo en sus respectivos campos. Alguno, como el profesor Rosenberg, vuelve a contribuir a nuestro libro, después de su magnífico artículo sobre la globalización del año pasado, lo que no puedo interpretar sino como un gran honor y un espaldarazo a nuestro proyecto. Otros colaboran con BBVA en distintos proyectos de innovación, o representan a instituciones con las que tenemos convenios o alianzas en este campo. Y todos han realizado valiosas contribuciones para acercarnos al «estado del arte» en materia de innovación¹.

¹ Quisiera, en este punto, dedicar un recuerdo muy especial al profesor Chris Freeman, de la Universidad de Sussex, uno de los más eminentes teóricos modernos del ciclo económico y de la economía de la innovación. Su lamentado fallecimiento, este verano pasado, impidió que pudiera contribuir a nuestro proyecto, en el que participa un buen número de sus colegas, colaboradores y discípulos.

Quisiera expresarles a todos mi agradecimiento y el del todo el Grupo BBVA por su participación en este libro *Innovación: perspectivas para el siglo XXI*, en el que espero que todos nuestros lectores encuentren una discusión rica, variada y sugestiva de la innovación, un fenómeno complejo e imprescindible en la configuración de la sociedad y la economía del siglo XXI.

UNA PERSPECTIVA AMPLIA Y PLURAL DE LA INNOVACIÓN

Resulta extremadamente difícil definir la innovación. Schumpeter, el gran economista que situó la innovación en el centro del debate económico, distingue entre la invención, que sería la manifestación de una nueva idea o un hecho antes no conocido, y la innovación, que sería la aplicación a la práctica —con éxito— de esas ideas [Schumpeter, 1934]. Así, la innovación puede entenderse de manera muy general como «un cambio en el proceso para hacer algo, o la aplicación útil de nuevos inventos o descubrimientos» [Mc Keown, 2008].

A partir de estas ideas básicas, la innovación se ha estudiado en multitud de contextos y desde muy diferentes puntos de vista, siempre asociada a «cambios positivos», en ámbitos tan diferentes como la tecnología, la economía, las empresas, la sociología, las artes o las múltiples ramas de la ingeniería.

El propio Schumpeter aporta una definición de innovación en el ámbito económico que enumera los distintos elementos en los que puede plasmarse la innovación:

1. la introducción de un nuevo producto o servicio
2. la introducción de un nuevo método de producción
3. la apertura de un nuevo mercado
4. la generación de una nueva fuente de suministro de materias primas o productos semielaborados.
5. la implementación de una nueva organización en cualquier industria

La importancia de la innovación en el ámbito económico ha dado incluso lugar a la economía

Neo Schumpeteriana que explica el desarrollo económico a partir de la innovación (véase, por ejemplo, Freeman, 1982).

Por otra parte, toda innovación es el resultado de un proceso por el cual, primero, se genera la idea para una posible aplicación práctica de una invención; y, posteriormente, se desarrolla esa idea hasta su introducción en el mercado. Por eso, la literatura económica y empresarial sobre la innovación versa tanto sobre las «fuentes de la innovación» y los procesos que estimulan la generación de ideas potencialmente útiles, como sobre los mecanismos, estructuras o incentivos que mejor consiguen que estas ideas se plasmen en bienes o servicios efectivamente capaces de crear valor en el mercado.

La relación entre ciencia, tecnología e innovación, la relación entre la investigación académica y las empresas, las políticas públicas y el papel del mercado, las estructuras institucionales y de las empresas, la gestión empresarial en el ámbito de la innovación, todas son áreas que han recibido una atención especial en la literatura sobre la innovación. Esta diversidad de cuestiones y la complejidad de las mismas explican tanto la relevancia como la dificultad de desarrollar una Teoría de la Innovación (véase Nelson y Winter, 1977).

En Fagerberg (2004) se recoge un amplio abanico de enfoques para conceptualizar la innovación en la literatura académica, que puede ayudar al lector interesado a orientarse en la abundantísima y variada bibliografía sobre la innovación.

Habida cuenta de la diversidad de enfoques, aspectos y ramificaciones de la innovación y su desarrollo práctico, en este libro hemos optado por presentar una panorámica muy amplia de los aspectos más relevantes de la innovación, desarrollados, en todos los casos, por autores de primerísimo nivel en sus respectivos campos.

Un primer bloque de artículos, fundamental para comprender la innovación, se centra en sus raíces más profundas.

Así, Sandy Pentland traza las raíces de la creatividad —y, por ende, de la innovación— hasta

sus orígenes en la biología, y muestra cómo la comunicación y la interacción entre los miembros de cada especie, incluida, por supuesto, la humana, son fundamentales para su desarrollo. Por su parte, Sander van der Leeuw destaca cómo la capacidad cognitiva del cerebro humano no parece haberse modificado desde hace 50.000 años; sin embargo, los elementos culturales (es decir, el aprendizaje para la explotación máxima de esa capacidad) ofrecen todavía amplio margen —apoyados en los desarrollos de la información y la comunicación— para que la especie humana mejore, a través de la innovación, la gestión de su medio natural.

El segundo bloque de artículos se centra en los aspectos institucionales de la innovación. Nathan Rosenberg aborda la complejidad de la relación entre la ciencia y la tecnología. Tradicionalmente, se ha asumido que la ciencia «lidera» a la tecnología, pero el profesor Rosenberg destaca cómo la tecnología es capaz de «explicar» el avance científico en mayor medida de lo que hasta ahora se ha señalado. Por su parte, Hiroyuki Itami resalta el papel de las organizaciones (empresariales, gubernamentales o sin ánimo de lucro) en el mecanismo de acumulación del conocimiento, imprescindible para la innovación, mientras que Alfonso Gambardella se centra en el de los mecanismos de mercado para el estímulo de la innovación —mecanismos que actúan, fundamentalmente, a través de la explotación de ese conocimiento acumulado.

Francisco Louça, por su parte, muestra la importancia del entramado de valores culturales, de relaciones sociales y de instituciones de cada sociedad para entender los procesos de innovación y cómo el ajuste —o desajuste— entre el entorno socioinstitucional y el grado de desarrollo técnico-económico de cada periodo determinan las «ondas largas» (de Kondratiev) de crecimiento económico y crisis. En este sentido, la crisis actual sería el resultado del retraso relativo de las estructuras económicas, instituciones, regulaciones y valores sociales respecto a la revolución tecnológica que estamos experimentando.

El artículo de David Mowery, a partir del análisis del Sistema Nacional de Innovación de los Estados Unidos a lo largo de más de un siglo, concluye que sus resultados han dependido, en gran medida, de decisiones de las empresas privadas. Por eso, las políticas públicas de innovación deben ser consistentes en el tiempo y buscar el apoyo de los agentes privados.

Edward Lorenz y Bengt-Åke Lundvall, utilizando datos de los economistas europeos, demuestran empíricamente que los rasgos estructurales de las economías, como los sistemas educativos y los mercados de trabajo, tienen un impacto significativo sobre la creatividad y, por tanto, sobre la innovación.

El tercer bloque de artículos contempla la innovación desde una perspectiva «micro», atendiendo a cómo se generan las innovaciones y qué esquemas y mecanismos se pueden articular en las organizaciones para generar y difundir ideas y, sobre todo, para convertir estas ideas en productos y servicios innovadores en el mercado.

Alice Lam analiza los aspectos organizativos en el proceso de innovación y destaca la necesidad de incorporar en los equipos la capacidad de aprender y generar conocimiento, así como de configurar organizaciones flexibles capaces de adaptarse a nuevas tecnologías y procesos.

Junto a la perspectiva convencional del análisis de la innovación que parte de los «productores», Eric von Hippel señala cómo los usuarios se han convertido en una fuente de innovación de relevancia creciente, gracias a los avances en la computación y a la mejora de la conectividad. Por eso, es fundamental que las empresas mantengan un diálogo fluido con los usuarios y establezcan los mecanismos que permitan colaborar con ellos y aprovechar al máximo sus capacidades.

Frank Moss describe los aspectos culturales clave del «estilo de investigación» del MIT Media Lab, entre los que destaca la creación de un entorno de libertad creativa que anima a formular las preguntas más osadas, donde el fracaso

se acepta plenamente y donde el aprendizaje es parte integral del proceso creativo (aprender haciendo).

El artículo de Curtis Carlson, por su parte, describe las «mejores prácticas» para la innovación desarrolladas en el Stanford Research Institute y dirigidas a mejorar las posibilidades de éxito del esfuerzo innovador de las organizaciones.

Harry West se centra en las «innovaciones radicales» y muestra los elementos principales del proceso Continuum para el diseño y el desarrollo de este tipo de innovaciones, las más difíciles de sistematizar, pero que tienen un mayor impacto.

Pascal Soboll aporta una visión complementaria, la de Ideo, acerca de la forma de generar una cultura innovadora en las organizaciones, de forma que la innovación no sea la competencia exclusiva de un grupo pequeño de «expertos», sino que sea una prioridad asumida por las áreas.

Cierra este bloque Joaquim Vilá, que destaca el papel clave de los primeros ejecutivos para liderar los cambios que requiere conseguir una organización con una cultura innovadora robusta y señala los factores culturales fundamentales que deben asumir y transmitir con su ejemplo.

El cuarto y último bloque se dedica a la aplicación y al impacto —actual y/o potencial— de la innovación en diferentes áreas, sectores o actividades relevantes.

Manuel Mira Godinho muestra cómo la innovación es, en gran parte, responsable de la reducción de la pobreza extrema en el mundo a lo largo de las últimas décadas y cómo puede seguir siéndolo en el futuro. Ello exige que las naciones en vías de desarrollo se doten de las políticas y herramientas necesarias para obtener *know how*, competir por inversiones en R&D y adaptarse al marco institucional global, incluyendo las políticas necesarias para gestionar los problemas medioambientales.

Como no podría ser de otra forma en un libro editado por un grupo financiero, en este se dedica una atención especial a la innovación en

el sector servicios y, más específicamente, en finanzas. Ian Miles destaca cómo los estudios académicos tradicionales sobre innovación se han enfocado hacia los sectores industriales. Sin embargo, los servicios tienen un peso muy elevado —y creciente— en la economía y, en ellos, los procesos de la innovación presentan rasgos y exigencias característicos. En el sector servicios es imprescindible el desarrollo de equipos multidisciplinarios, dado que las innovaciones suelen implicar la combinación de múltiples productos y servicios que requieren integrar el conocimiento de las tecnologías, de las instituciones, regulaciones y hábitos sociales, y de las características específicas de los clientes y de los canales de comunicación con ellos.

Robert Litan revisa la innovación específicamente financiera en las últimas décadas y concluye que, en muchos casos, ha tenido un efecto positivo, similar al de la innovación en cualquier otro sector, generando productos y servicios mejores, más baratos y que llegan más rápidamente a sus demandantes. Solo cuando la innovación financiera se ha enfocado en la búsqueda de mecanismos para aumentar el apalancamiento —o se ha traducido en fuertes aumentos del mismo— su impacto ha sido negativo, como prueba la reciente crisis. Por tanto, las autoridades responsables deben aplicar políticas que eviten la proliferación de innovaciones financieras «destructivas», sin desalentar la innovación financiera genuina —positiva.

Xavier Vives aborda, precisamente, el papel de la innovación financiera en la crisis y destaca cómo todos los cambios tecnológicos importantes (el ferrocarril o el automóvil, en su tiempo, como Internet en el nuestro) han estado asociados a burbujas especulativas. Sin embargo, la innovación —y también la innovación financiera— es fundamental para el desarrollo económico. En consecuencia, donde debemos poner el énfasis es en una regulación adecuada para el desarrollo de innovaciones financieras que alineen los incentivos privados con objetivos de bienestar general.

Edward Rubin plantea la innovación como una herramienta fundamental para resolver el problema del cambio climático. Hará falta la aplicación masiva de tecnologías que todavía están en desarrollo o incluso no han sido inventadas para conseguir los objetivos internacionales de estabilizar los niveles de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Las políticas públicas deben orientarse a proporcionar los incentivos adecuados.

Takanori Shibata aborda la innovación en el ámbito médico, a través del desarrollo de robots que pueden ser utilizados como mascotas, con probados efectos terapéuticos. Por su parte, Hugh Herr y Ernesto Martínez-Villalpando explican las inmensas posibilidades que las innovaciones tecnológicas proporcionan para mejorar la calidad de vida de los 650 millones de personas en el mundo que sufren algún tipo de discapacidad física o psíquica.

Carlo Ratti y Nashid Nabian muestran cómo la innovación puede generar ciudades «inteligentes», que proporcionarán acceso a información útil en tiempo real y una plataforma para la colaboración entre sus habitantes, mejorando radicalmente su calidad como espacios para vivir y trabajar.

Por último, Tod Machover desarrolla las aplicaciones de la innovación en la música a través de «herramientas» musicales que permiten hacer música a cualquier persona. Esta tecnología no solo tiene grandes utilidades terapéuticas; en términos mucho más generales, permite establecer un nuevo modelo de relación mucho más directo y creativo entre las personas y la música.

LA INNOVACIÓN EN LA INDUSTRIA FINANCIERA

La industria financiera está ya inmersa en un proceso de transformación profunda e imparable. Porque también son profundos e imparables los factores que lo mueven: el avance tecnológico y los cambios sociales que está impulsando.

Vivimos en medio de la revolución tecnológica más disruptiva desde la revolución industrial

de hace dos siglos. Pero, a diferencia de lo que ocurrió en los siglos XVIII y XIX, cuando solo una pequeña parte del mundo participó del avance técnico, la revolución actual se está extendiendo por todo el mundo a enorme velocidad. Esto ocurre porque la revolución no afecta a lo material (la producción o el transporte de mercancías), sino a lo inmaterial: la información. El coste de captura, almacenamiento, procesamiento y transmisión de información está disminuyendo de manera acelerada. Y lo que es tan relevante o más: estas nuevas capacidades están al alcance de casi todo el mundo, a partir del desarrollo de los ordenadores personales, de Internet y, crecientemente, de la telefonía móvil.

Este fenómeno está cambiando los hábitos y los comportamientos de las personas, en todos los ámbitos de la vida: no solo en el trabajo, sino también en el ocio, en la comunicación o en las relaciones interpersonales ... Por eso, aunque todas las empresas afrontan esos cambios en su clientela y, también, en los procesos de producción y distribución, estos cambios son especialmente drásticos en el sector servicios, donde el componente informacional es más elevado (véase Miles, 2000).

Los bancos están en el centro de este cambio: la industria financiera es una de las que más profunda y directamente se ve afectada por la evolución tecnológica y los cambios sociales. Porque sus materias primas básicas son, precisamente, la información y el dinero. Y, a su vez, el dinero puede desmaterializarse, convertirse en apuntes contables —esto es, en información, almacenable, procesable y transmisible en tiempo real y a un coste muy bajo, que cada vez se acerca más a cero.

Ciertamente, la banca no ha experimentado —hasta ahora— una transformación comparable a la de otras industrias basadas en la información como, por ejemplo, la de la música. Esto, en gran parte, se ha debido a que la banca es un sector tradicionalmente altamente regulado y muy intervenido por los poderes públicos. Y, en parte, se ha debido, también, al entorno

económico y monetario excepcionalmente benigno de las últimas décadas, que ha impulsado un fuerte crecimiento de la actividad financiera y ha permitido un grado relativamente alto de ineficiencia en la industria, incluyendo la supervivencia de un enorme número de entidades financieras en todo el mundo, o, lo que es lo mismo, de un fuerte exceso de capacidad instalada.

Sin embargo, la transformación de la industria no solo es inevitable, sino que cada vez se acelera más. Primero y fundamental, porque la revolución tecnológica continúa ampliando cada día las capacidades de hacer las cosas de forma diferente y aumentando el potencial de reducción de costes, al tiempo que un número creciente de usuarios se sitúa al margen del modelo convencional de banca.

Y, segundo, porque la crisis actual impulsa el cambio por distintas vías. Por una parte, los bancos son percibidos como «culpables» de la crisis. No sin justicia, porque ha habido un gran número de entidades que han cometido errores muy graves, apartándose de los principios básicos de la práctica bancaria: la prudencia, la transparencia e, incluso, la integridad (los artículos de Edward Litan y Xavier Vives en este libro analizan en mayor detalle esta cuestión). Fruto de estos errores, muchos bancos han atravesado dificultades muy graves, lo que ha llevado a su desaparición o a su reestructuración, en gran medida con fondos públicos. El enorme volumen de recursos de los contribuyentes dedicados al saneamiento de los bancos ha sido un factor relevante que ha contribuido al deterioro del prestigio de las entidades y del sector. La banca ha perdido buena parte de la confianza de sus clientes —y de la sociedad— que es, seguramente, su ventaja competitiva fundamental.

Por otra parte, la crisis ha desencadenado un proceso de cambios profundos en la regulación de los bancos que supone límites al endeudamiento, mayores requisitos de capital y liquidez, necesidad de fuertes inversiones para mejorar los sistemas de riesgo, de cumplimiento, etcétera. Todo esto se traduce en recortes de los

ingresos y aumentos en los costes, es decir, reducción de la rentabilidad actual y futura de las entidades.

En definitiva, los bancos tienen que responder a nuevas demandas de sus clientes y de la sociedad y tienen que hacerlo en un entorno adverso, en términos de reputación y también de rentabilidad y de crecimiento del negocio bancario tradicional. Esto exige una transformación radical con una revisión profunda de la forma en que los bancos se relacionan con sus clientes y un salto cualitativo (no incremental) de su eficiencia.

En cierta medida, estas ganancias de eficiencia van a venir de una drástica consolidación del sector, que ya ha comenzado. Pero la verdadera transformación de la industria vendrá por la vía de un uso masivo —y, sobre todo, inteligente— de la tecnología, en un proceso sostenido de innovación.

En las últimas décadas, los bancos han sido usuarios muy importantes de las tecnologías de la información y la comunicación, con dos fines fundamentales: primero, reducir costes y mejorar los procesos para generar ganancias de productividad. Y, segundo, desarrollar canales de distribución alternativos a la oficina convencional.

Sin embargo, el núcleo de las plataformas tecnológicas de los bancos proviene de hace varias décadas (de los años sesenta y setenta). Y, en la mayor parte de los casos, las sucesivas mejoras en las funcionalidades se han desarrollado a partir de tecnologías, arquitecturas y programas diferentes y más modernos que los del núcleo, añadidas y/o posteriormente conectadas a este por procedimientos ad hoc.

En definitiva, si uno pudiera tener una visión general de los sistemas de un banco estándar se parecería a lo que se ha llamado alguna vez un «plato de spaghetti»: una red muy compleja de conexiones entre sistemas muy diferentes y sujetos, a lo largo del tiempo, a sucesivos cambios y actualizaciones parciales.

Esta situación impone altos costes de mantenimiento (se estima, por ejemplo, que los bancos

“La verdadera transformación de la industria financiera vendrá por la vía de un uso masivo —y, sobre todo, inteligente— de la tecnología, en un proceso sostenido de innovación”

de Estados Unidos dedican un 80% de su inversión en sistemas a mantenimiento, y solo un 20% a nuevos desarrollos). Y, sobre todo, se vuelve insostenible de forma acelerada, a medida que continúan produciéndose avances tecnológicos y cambiando los comportamientos y las demandas de los clientes.

La revolución que ha supuesto Internet continúa expandiéndose (los usuarios ya suponen casi un 30% de la población mundial). Y los usos, capacidades y funcionalidades de Internet son cada vez mayores. Internet se ha convertido en la mayor fuente de información para las personas y en una herramienta fundamental para el ocio (hoy los europeos ya pasan más tiempo en Internet que viendo la televisión), e incluso para las relaciones personales: más de 500 millones de personas en todo el mundo utilizan redes sociales como Facebook, que no existía hace unos años.

Internet gana día a día relevancia como espacio comercial y publicitario y como espacio de trabajo en colaboración entre personas localizadas en cualquier parte del mundo. También Internet es el motor del fraccionamiento de las cadenas de producción que permite el *outsourcing* de servicios. Dentro de estos, la oferta de servicios de *cloud computing* representa un avance fundamental en el acceso universal al almacenamiento y procesamiento de información a

costes muy reducidos y va a tener implicaciones muy profundas.

La penetración de Internet se ve, además, enormemente potenciada con la telefonía móvil. Gracias a ella, casi 4.500 millones de personas (casi tres cuartas partes de la humanidad) están «conectados» y tienen acceso prácticamente ubicuo a algún nivel de servicios de información, con un impacto muy poderoso —todavía no cuantificado— sobre la productividad.

Los teléfonos móviles tienen funcionalidades cada vez más potentes y variadas, funcionalidades que seguirán extendiéndose a otros soportes al alcance de las personas en cualquier momento y lugar (lo que se ha llamado la «Internet de las cosas»).

Todo esto abre enormes oportunidades no solo de reducción de los costes sino, sobre todo, de aumento de los ingresos.

En los países más desarrollados, el reto consiste en ofrecer a los clientes una gama más amplia de productos y servicios —no exclusivamente de tipo financiero— basados en la información, con un costo marginal muy próximo a cero. Y hacerlo de la manera más eficiente, ágil y conveniente para el usuario.

La tecnología ofrece, también, posibilidades sin precedentes para que esa oferta de servicios se ajuste perfectamente a las necesidades y demandas de los usuarios. Para ello, el banco debe poner a disposición del cliente las herramientas para que él mismo colabore en el proceso de diseño del servicio que desea recibir.

En los países en vías de desarrollo, se nos ofrecen oportunidades históricas. Primero, porque en estos países se va a concentrar en las próximas décadas la mayor parte del crecimiento mundial. Y, segundo, porque solo 900 millones de personas en todo el mundo son, en la actualidad, clientes de los bancos. Y existen más de 2.000 millones, fundamentalmente en los países menos desarrollados, que no tienen acceso a los servicios financieros. Esto es así porque el modelo convencional de producción y distribución no es capaz de rentabilizar la oferta de servicios

financieros de pequeño importe a una población dispersa.

Sin embargo, la tecnología permite articular modelos mucho más eficientes de producción y distribución de servicios financieros —por ejemplo, a través de los teléfonos móviles—. Esto, además de abrir un nuevo mercado de enorme tamaño a los bancos, tendría efectos positivos muy poderosos para el desarrollo económico de estos países y para la inclusión de los sectores más desfavorecidos.

La tecnología para hacer todo esto ya existe, y mejora cada día. Se está configurando un nuevo panorama de competencia en la industria financiera, en la que emergerán nuevos competidores: empresas, en muchos casos procedentes de Internet, con gran reconocimiento de marca y sin los *legacies* de los bancos (sistemas obsoletos, costosas redes físicas de distribución...) potencialmente capaces de articular modelos muy eficientes de oferta de servicios financieros.

Los bancos que quieran participar en esta nueva liga de competición tendrán que abordar una transformación profunda. Para ello, cuentan con algunas ventajas competitivas; la fundamental es la amplísima información de la que ya disponen sobre sus clientes. Esta tiene que ser la base sobre la que construyan un nuevo modelo de negocio, muy apalancado en la tecnología.

La herramienta fundamental de este nuevo modelo será una plataforma tecnológica mucho más moderna y flexible, capaz de integrar todo este conocimiento sobre el cliente y todos los posibles puntos de contacto con él. En ese nuevo modelo, la actual red de oficinas deberá reconvertirse: las redes físicas de distribución solo tendrán sentido si son capaces de aportar valor añadido a los usuarios y se integran de forma perfecta en una plataforma físico-virtual. En esta, el cliente/usuario debería poder interactuar a su conveniencia en cualquier momento y a través de cualquier canal, sin discontinuidad alguna, para obtener rápidamente y a un coste reducido soluciones financieras o no financieras,

perfectamente ajustadas a sus necesidades —en cuyo diseño él mismo habrá participado en la medida en la que lo desee.

Paralelamente a esta revolución tecnológica, los bancos han de abordar una profunda transformación organizativa y cultural. Una transformación que permita recuperar su reputación sobre la base de la transparencia en la relación con sus clientes, de la agilidad y la flexibilidad en la respuesta a sus demandas, y de la generación de una cultura de la innovación que permita ir respondiendo a todos los nuevos retos que la tecnología y los cambios sociales van a seguir imponiendo.

Solo aquellos de los bancos que sean capaces de abordar esta transformación podrán participar en la industria financiera del siglo XXI: una industria que será mucho más competitiva que en el pasado, pero que ofrecerá enormes oportunidades, asociadas a la posibilidad de atender de forma mucho más eficaz a muchas más necesidades de las personas y del acceso universal a los servicios financieros en las áreas del mundo hoy menos desarrolladas.

BBVA: UN PROYECTO INNOVADOR

En BBVA, desde mucho antes de la crisis, estamos tratando de anticiparnos al futuro, y hemos venido trabajando en la construcción de este nuevo modelo de negocio. Nuestro proyecto se apoya en tres pilares: los principios, las personas y la innovación.

Los principios son la base de nuestro proyecto. En BBVA siempre hemos trabajado sobre la premisa de que la ética no solo es deseable, sino también rentable.

Promover, a toda costa, una cultura de prudencia, transparencia e integridad lleva mucho tiempo y esfuerzo y, en ocasiones, lleva a sacrificar beneficios de corto plazo. Pero a medio y largo plazo es lo único que asegura la sostenibilidad de un proyecto.

Gracias a esta cultura de los principios, BBVA ha podido evitar los errores que han cometido muchos de nuestros pares en el pasado reciente.

Y, de esta forma, BBVA ha fortalecido su posición relativa en el conjunto de la banca global.

Nuestro proyecto está absolutamente centrado en las personas, tal y como se recoge en nuestra visión: «BBVA, trabajamos por un futuro mejor para las personas». Buscamos establecer relaciones estables y de largo plazo con nuestros clientes; relaciones de confianza sobre la base de un estricto comportamiento ético y del esfuerzo por proporcionarles las mejores soluciones para sus necesidades, de forma ágil, conveniente y a buen precio.

Y aquí es donde entra en juego el tercer pilar de nuestro proyecto: la innovación. Construir un modelo de relación verdaderamente nuevo, diferencial, *customer centric*, ágil, sencillo y eficiente, en el que el cliente obtenga lo mejor de su banco, requiere un esfuerzo sostenido de innovación, tanto en el terreno organizativo y cultural como en el tecnológico. Me gustaría citar tan solo algunos de los frentes en los que estamos trabajando.

Si queremos ofrecer soluciones personalizadas, lo primero que tenemos que hacer es conocer bien a nuestros clientes. En BBVA, como en todos los bancos, tenemos una enorme cantidad de información sobre nuestros clientes. Pero convertir esa información en conocimiento que sirva para diseñar los productos adecuados para las necesidades de cada cliente y fijar los precios apropiados a sus condiciones, requiere que nos dotemos de las capacidades tecnológicas más avanzadas. En BBVA somos pioneros en el *data mining* y en la construcción de algoritmos inteligentes que nos permiten prever cuáles pueden ser en cada momento las demandas de nuestros clientes.

En BBVA hemos abordado una transformación profunda de nuestra red de distribución. Ya somos el banco más eficiente del mundo, pero seguimos trabajando tanto en nuevas configuraciones de oficina, más eficientes y ágiles y capaces de proporcionar un mejor servicio, como en el diseño y construcción de los mejores canales remotos, dotándolas de las máximas

“En BBVA estamos desarrollando un espacio físico/virtual sin fisuras, en el que los clientes puedan transitar de lo físico a lo virtual a su total conveniencia y sin ninguna discontinuidad”

capacidades, de manera que el cliente pueda interactuar con BBVA de la forma que para él sea más conveniente, y colaborar con nosotros contribuyendo a la definición más precisa del servicio que prefiere. Al teléfono y al PC ya se ha sumado el móvil y seguirán el iPad, la televisión o cualquier otro aparato al que el cliente pueda tener acceso.

En BBVA estamos caminando hacia un modelo de distribución que va más allá de lo que hoy entendemos como *multicanalidad*, donde la oficina física es lo básico y el resto de canales son añadidos complementarios. Estamos desarrollando un espacio físico/virtual sin fisuras, en el que los clientes puedan transitar de lo físico a lo virtual a su total conveniencia y sin ninguna discontinuidad.

Este espacio dará soporte a una concepción distinta de lo que es un banco: una empresa que distribuirá otros servicios no financieros, basados en la información, incorporando las contribuciones de los propios usuarios y la potencia de las redes sociales. Y todo ello, aprovechando la penetración y la funcionalidad crecientes de la telefonía móvil y la capacidad del *cloud computing* para ofrecer acceso universal, a coste muy reducido, a todo tipo de servicios relacionados con la información.

Para ello, en BBVA contamos con una ventaja fundamental: una plataforma tecnológica de vanguardia, una plataforma que supera el modelo convencional de los sistemas bancarios, capaz de integrar todos los canales y todas las fuentes de información. Esto es lo que permitirá que cualquier cliente que acceda al banco por cualquier canal encuentre siempre el mismo BBVA, con las mismas capacidades y transite de un canal a otro a su conveniencia sin merma alguna de funcionalidad. Esta plataforma, que venimos construyendo desde el año 2007, está hoy completada en un 80% y será operativa al 100% en menos de dos años.

BBVA tiene una visión del futuro de la industria y lleva años preparándose para hacerla realidad. Pero, también, tiene una estrategia que combina esa visión del futuro con la realidad actual y las perspectivas de cada mercado y cada tipo de cliente.

En BBVA queremos apalancar la potencia de nuestro modelo en mercados de alto crecimiento. Por eso, además de nuestra fortaleza en América Latina, estamos construyendo una sólida franquicia en Estados Unidos —el mayor mercado del mundo—, tenemos una fuerte presencia en China y en otros países de Asia, y estamos en proceso de adquirir intereses muy importantes en Turquía. De esta forma, BBVA combina su fortaleza en mercados desarrollados con una presencia cada vez más relevante en países emergentes, donde se va a concentrar la mayor parte del crecimiento económico mundial en las próximas décadas y donde todavía existe un porcentaje muy elevado de la población sin acceso a los servicios financieros —lo que multiplica las perspectivas de crecimiento de la actividad financiera.

Nuestro modelo, sólidamente basado en la tecnología y muy eficiente, representa una gran ventaja competitiva para satisfacer las necesidades de los clientes de los países desarrollados (altamente sofisticados y usuarios más intensivos de la tecnología). Pero también es clave para desarrollar modelos sencillos y baratos que

permitan la bancarización de grandes segmentos de la población (como, de hecho, ya estamos haciendo en Latinoamérica, sobre la base de los móviles, agentes o tarjetas) y para abordar mercados muy grandes donde no tenemos una fuerte presencia física.

En resumen, podemos presentar ya avances tangibles en nuestro proceso de transformación. Pero no menos importantes de cara al futuro son otros avances «intangibles» o, al menos más difíciles de cuantificar, derivados del aprendizaje a lo largo del trabajo sostenido de todos estos años.

En primer lugar, a lo largo de estos años hemos depurado, afinado nuestro modelo de innovación.

Nuestro punto de partida, hacia el año 2004, fue la creación de un Departamento Corporativo de Innovación. Y nuestro enfoque inicial estaba, en términos relativos, más orientado por las posibilidades tecnológicas que por las demandas del mercado y/o los clientes.

Este departamento centralizado creó las bases para una evolución hacia una innovación «distribuida» en las distintas áreas del Grupo. Y, paralelamente, las personas que están en contacto directo con los clientes se han convertido en los principales generadores de ideas, mientras que la tecnología ha pasado a ser entendida como una herramienta —indispensable— para hacer realidad esas ideas.

Paralelamente, en BBVA hemos evolucionado hacia un modelo de innovación más abierto, en el que cooperamos con una diversidad de instituciones, representantes de muchas de las cuales colaboran en este libro (MIT, SRI, Continuum, Ideo, etcétera) y en el que los propios clientes proporcionan un *input* cada vez más importante, abriendo un nuevo espacio a la innovación promovida por los propios usuarios —que tal y como Von Hippel destaca es, cada día, una fuente más caudalosa de innovaciones (Von Hippel, 2005).

Y lo que es, probablemente, más importante: este proceso de «aprender haciendo», la práctica de la innovación ha generado un cambio cultural

profundo en las personas de nuestra organización. BBVA tiene hoy más y mejores líderes, líderes que impulsan la transformación de BBVA. Y toda la organización BBVA participa de una nueva cultura: abierta, positiva ante el cambio, que acepta y promueve la flexibilidad, la iniciativa, la asunción de responsabilidades, el aprendizaje y el conocimiento como ventaja competitiva decisiva. Una cultura que, al tiempo, responde a las crecientes exigencias de la sociedad, en términos de principios éticos sólidos, transparencia, buen gobierno como base para reforzar la confianza de los clientes.

En suma, en BBVA hemos pasado de una cultura tradicional, con componentes heredados de un periodo en el que la banca era un sector semioficial y sobreintervenido, a una cultura capaz de alcanzar nuestra aspiración, que no es otra que liderar la transformación de la industria financiera en el siglo XXI.

Una transformación hacia un nuevo sistema financiero capaz de impulsar el crecimiento y el desarrollo sostenido, aportando más y mejores soluciones útiles para las necesidades de más personas en todo el mundo.

El espíritu que anime esta transformación solo puede ser el impulso del conocimiento. Este es el espíritu que anima el proyecto del Grupo BBVA y que intentamos reflejar y difundir con la edición de este libro.

BIBLIOGRAFÍA

- FAGERBERG, J. (2004), *Innovation: A Guide to the Literature*, en J. Fagerberg, D. C. Mowery y R. R. Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford University Press, pp. 1-26.
- FREEMAN, C. (1982), *The Economics of Industrial Innovation*. Londres: Frances Pinter.
- MC KEOWN, M. (2008), *The Truth About Innovation*. London: Prentice Hall.
- MILES, Ian (2000), «Services Innovation: Coming of Age in the Knowledge Based Economy», *International Journal of Innovation Management* 14(4), pp. 371-389.
- NELSON, R., y S. Winter (1977), «In search of a useful theory of Innovation», *Research Policy* 6(1), pp. 36-76.
- SCHUMPETER, J. (1934), *The Theory of Economic Development*. Boston, MA: Harvard University Press.
- VON HIPPEL, E. (2005), *Democratizing Innovation*. Cambridge, MA: The MIT Press.

Las raíces de la innovación

Alex Pentland
Massachusetts Institute
of Technology (MIT)

Varias décadas de investigación en el ámbito de la psicología social han permitido constatar la sorprendente capacidad que tienen las personas para *leerse* unas a otras. En contextos tan dispares como la evaluación de profesores en el aula, la selección de aspirantes a un empleo o las deliberaciones de un jurado, los juicios humanos se realizan a partir de minúsculos fragmentos de datos observacionales. A lo largo de una gran variedad de estudios, los psicólogos han encontrado que los sujetos que participan en una investigación son capaces de predecir con exactitud los resultados que se van a obtener en esas situaciones en un 70% de los casos por término medio. Este índice de éxitos se mantiene a la hora de pronosticar los resultados finales que pueden producirse días, semanas o incluso meses después.

¿Cómo puede ser? Mi teoría es que nuestra capacidad para aprender unos a otros comienza por lo que en biología se conoce como *señales honestas*. Los modelos evolutivos predicen que es probable que todas las especies sociales desarrollen señales honestas, un sistema fiable de comunicación que permite coordinar la conducta en las relaciones entre individuos. Por lo general, dichas señales incluyen gestos, expresiones o llamadas. Pero no solo constituyen indicios fidedignos en la mayoría de los casos, sino que

además son inusuales porque parecen desencadenar cambios en los receptores de las señales que resultan ventajosos para las personas que los envían.

Es posible que los antepasados del ser humano utilizaran esas señales para coordinar sus acciones mucho antes de que evolucionara el lenguaje humano sofisticado. De incorporación relativamente reciente a la evolución de los homínidos, es posible que el lenguaje se superpusiera a otros mecanismos de señalización más antiguos de los primates que utilizaran estrategias de redes sociales para buscar recursos, tomar decisiones y coordinar acciones en grupo. Al entender mejor su influencia actualmente, podemos arrojar luz sobre la estructura y la función de las redes sociales modernas. Por ejemplo, las señales honestas pueden incrementar el nivel de energía en un equipo de caza o, para el caso que nos ocupa, en un equipo creativo, gracias al contagio del entusiasmo. Crean un grupo familiar más cohesionado al aumentar la empatía y la confianza a través de la señalización imitativa.

Cuando observamos una conversación entre dos personas y medimos cuidadosamente los tiempos, la energía y la variabilidad de la interacción, descubrimos varios ejemplos de señales honestas. Mi grupo de investigación ha

estudiado cuatro elementos de este sistema de señalización humana. La *imitación* consiste en la copia especular de una persona por parte de otra durante una conversación, lo que da lugar a un intercambio inconsciente de sonrisas, interjecciones y asentimientos con la cabeza. La *actividad* indica interés y entusiasmo, y nos resulta familiar debido a la conexión entre el entusiasmo y el grado de actividad de los niños. La *influencia* de una persona sobre otra se puede medir evaluando hasta qué punto una persona provoca que el patrón de habla del otro coincida con el suyo. Por último, la *coherencia* o fluidez del habla y del movimiento se perciben como un indicador de conocimientos.

Para medir la influencia de estas antiquísimas señales sociales hemos diseñado algunos instrumentos y prácticas muy modernos a los que hemos denominado *minería de la realidad*. Recabamos datos principalmente mediante el uso de distintivos electrónicos de identificación *ad hoc* y, en ocasiones, mediante teléfonos «inteligentes» y otros aparatos electrónicos. Los instrumentos revelan y cuantifican el papel que algunos mecanismos de señalización social desempeñan en las decisiones cotidianas. Al examinar el ir y venir de la conducta de señalización en díadas y grupos reducidos —sin prestar atención a las palabras ni a la identidad de los individuos— podemos predecir con exactitud los resultados de encuentros en eventos de citas rápidas, de entrevistas de trabajo e incluso de negociaciones salariales con un margen de 1.000 dólares. En una gran variedad de situaciones, desde la gestión empresarial hasta las primeras citas o los efectos de la opinión política, hemos descubierto que aproximadamente el 40% de las variaciones en los resultados puede atribuirse a modelos de procesamiento de información social basados en la señalización. Esto equivale al peso que, se calcula, posee la composición genética sobre la conducta individual y, en nuestra opinión, es demasiado importante como para no tenerlo en cuenta.

COMUNICACIÓN INFLUYENTE

Las señales honestas influyen en actividades críticas como la negociación, la toma de decisiones colectivas y la gestión de grupos. De hecho, constituyen predictores exactos de la conducta humana. Por ejemplo, si un miembro de un grupo se siente feliz y eufórico, otros tenderán a sentirse más positivos y entusiasmados, efecto que se conoce como contagio del estado de ánimo. Es más, este efecto que producen las señales sobre el estado de ánimo actúa disminuyendo la percepción de riesgo dentro de los grupos e incrementando la cohesión. De modo similar, las personas tienden a imitarse entre sí de forma automática e inconsciente. Sin embargo, por inconsciente que sea, esta conducta de imitación ejerce una influencia considerable sobre los participantes: aumenta el grado de empatía y de confianza mutua. No es de extrañar que las negociaciones en las que se produce gran cantidad de imitación tiendan a tener más éxito, independientemente de cuál de las partes comience primero a copiar los gestos de la otra.

Es probable que cada una de estas señales tenga sus raíces en la biología, concretamente en nuestro cerebro. Se cree que la imitación está relacionada con neuronas especulares corticales, con una estructura cerebral dispersa que parece ser exclusiva de los primates y especialmente relevante en el ser humano. Estas neuronas reaccionan ante los actos de los demás y constituyen un canal de realimentación directo entre las personas. Por ejemplo, los recién nacidos imitan los movimientos faciales de sus padres a pesar de su falta general de coordinación. De modo similar, nuestro nivel de actividad guarda relación con el estado de nuestro sistema nervioso autónomo, estructura neuronal extremadamente antigua. Cuando necesitamos reaccionar de manera más enérgica —por ejemplo, en situaciones de enfrentamiento o de huida, o bien en momentos de excitación sexual—, este sistema incrementa nuestros niveles de animación. Por otra parte, tendemos a ser más apáticos y menos reactivos cuando nuestro sistema

“La capacidad para superar el aprendizaje basado en las asociaciones puede constituir la principal aportación de la mente atenta para la adaptación de nuestra especie”

nervioso autónomo está adormecido, como sucede durante una depresión clínica. La relación entre el funcionamiento del sistema nervioso autónomo y el nivel de actividad es tan estrecha que la hemos utilizado para calcular con exactitud el grado de depresión.

LA MENTE HABITUAL Y LA ATENTA

¿Cómo interactúan las señales sociales con el lenguaje? La evolución rara vez desecha elementos que funcionan satisfactoriamente. Por lo general, construye estructuras adicionales que conservan las capacidades antiguas o bien incorpora estas a una estructura nueva. Cuando comenzaron a evolucionar nuestras capacidades lingüísticas, lo más probable es que nuestros mecanismos de señalización existentes se incorporaran al nuevo diseño. Así pues, la cuestión es cómo se ha visto modelada la sociedad humana moderna por nuestros antiguos mecanismos de señalización, y hasta qué punto estos mecanismos siguen gobernando nuestras vidas.

Podemos encontrar una respuesta parcial a esta pregunta en la obra del psicólogo Daniel Kahneman y en el pionero de la inteligencia artificial Herb Simon, ambos galardonados con el Premio Nobel. Cada uno de ellos ideó un modelo de la mente humana compuesto por dos partes: una mente *habitual*, automática y en buena

medida inconsciente, junto con una *atenta*, razonadora y en su mayor parte consciente. Es probable que la mente habitual represente un sistema más antiguo y que sea similar a las aptitudes mentales de los primeros seres humanos: rápida, buena para intercambios y asociaciones complejas, pero no muy ducha en lo que consideramos como razonamiento abstracto. Paralelamente, la capacidad de comunicación de esta primera mente humana tal vez se circunscribiera al uso de señales y de signos sencillos. Aunque esta mente habitual es bastante capaz de aprender nuevas conductas a través de la experiencia o de la imitación, dicho aprendizaje es probable que se limite a la asociación entre rasgos perceptivos.

La capacidad para superar el aprendizaje basado en las asociaciones puede constituir la principal aportación de la mente atenta para la adaptación de nuestra especie. Existen limitaciones inherentes a lo que aprenden los mecanismos asociativos, y Kahneman ha especulado con que dichas limitaciones probablemente dieron paso a la evolución de la mente atenta. Por otra parte, la capacidad lingüística de la mente atenta permite difundir nuevas conductas entre la población con mucha mayor rapidez.

DE FAMILIARES Y AMIGOS

Una de las sorprendentes conclusiones que han revelado nuestros estudios sobre la señalización social en situaciones cotidianas es que son las actitudes y las acciones de los colegas, en lugar de la lógica o de los argumentos, las que suelen dominar las creencias y las acciones de las personas. Parece que nuestros antepasados lo entendieron así intuitivamente e incluso le pusieron nombre en inglés: *kith*. *Kith and kin* (familiares y amigos) es en este idioma una expresión antiquísima que aún resulta familiar, aunque la mayoría de los anglohablantes actuales desconozcan el significado de la palabra *kith*. Este término deriva de la palabra que en inglés y en alemán antiguo se utilizaba para «conocimiento», y hace referencia a un grupo más o

menos cohesionado que comparte una serie de creencias y de costumbres. De ahí surge también la palabra *couth*, que significa actuar con un alto grado de complejidad, al igual que su antónimo *uncouth*, de uso más frecuente. Así pues, nuestro *kith* es el círculo de colegas —no solo amigos— de los que aprendemos hábitos de actuación complejos.

Parece que hace mil años los ingleses ya tenían una idea exacta de cómo aprende la gente. Nos guiamos por el sentido común, por los hábitos que nuestros compañeros y colegas (*kithmates*) tienen en *común*. Este aprendizaje social opera modificándonos a través de la presión social, generalmente mediada por las señales sociales, en lugar de empleando el razonamiento crítico. El uso de *kithmates* para crear hábitos de acción de «sentido común» es otra muestra de cómo los primeros seres humanos podrían haber aprovechado los mecanismos de señalización social para tomar mejores decisiones.

Es posible que dejar a los trabajadores permanecer más rato junto al dispensador de agua o la cafetera sea la manera más sencilla de incrementar su productividad. ¿Por qué? En los estudios que hemos realizado en más de una docena de organizaciones hemos observado que la cohesión entre compañeros de trabajo —*kithmates*— constituye uno de los principales factores en cuanto a productividad y satisfacción laboral. En estos casos, la cohesión se define como el grado de conexión que poseen los *kithmates* entre sí. Es decir, la gente con la que conversamos, ¿habla también a su vez con otras personas? ¿Hasta qué punto es nuestra red de colegas tupida e interconectada?

En un estudio realizado en Chicago utilizamos distintivos electrónicos de identificación para observar las señales sociales y los patrones de conversación de la tecnología de la información. Los distintivos disponían de sensores de infrarrojos, medición de localizaciones con Bluetooth y acelerómetros para medir el movimiento corporal, así como grabadoras que registraban el tono y el ritmo de las voces. Observamos que la

cohesión colega-grupo constituía un predictor fundamental de productividad. De hecho, los trabajadores cuya cohesión de grupo se hallaba entre los tres primeros puestos mostraron un nivel de productividad superior a la media en más de un 10%. Este resultado subraya hasta qué punto somos animales sociales y que nuestra conexión con los compañeros a escala local es de vital importancia. Al aumentar la cohesión lo hacen también aspectos como el conocimiento tácito, las actitudes y los hábitos de trabajo comunes, así como el respaldo social. En otras palabras, mucha de la información importante sobre cómo tener éxito y ser productivo en el trabajo probablemente se encuentre en torno al dispensador de agua.

APROVECHAMIENTO DE LA INTELIGENCIA COLECTIVA

No obstante, ¿se ciñe siempre la gente al sentido *común*, es decir, a las creencias de quienes les rodean? Para responder a esta pregunta es importante saber cómo ayudan a la gente los mecanismos de señalización social para decidir cuándo dejarse guiar por los *kithmates* y cuándo seguir otro camino. Desde un punto de vista teórico, quizás la manera más sencilla y eficaz de incorporar el sentido común a las acciones de las personas es a través de un *mercado de ideas*. Dichos mercados de ideas son similares a una votación, pero en lugar de basarse en un voto individual por persona, la gente expresa sus expectativas sobre los beneficios asociados a diversas vías de acción. Por ejemplo, ¿cuánta comida encontraremos si subimos a la colina?, ¿cuánta encontraremos si cruzamos el río?, y así sucesivamente con cada alternativa. Podemos considerar estas expectativas como apuestas en proporción a sus resultados previstos. De este modo podemos seleccionar la acción que aumente al máximo el beneficio esperado y reduzca al mínimo el riesgo.

Resulta sencillo crear mercados de ideas mediante la señalización social. Todo el mundo apuesta por cada una de las acciones planteadas mostrando un grado de interés determinado.

A continuación, los miembros del grupo *suman* las señales para elegir la opción con la señalización más positiva. Este método de toma de decisiones no requiere lenguaje. Para elegir el curso de acción ganador, cada participante solo debe indicar mediante señales al resto del grupo hasta qué punto está interesado en cada alternativa y después ser capaz de leer la señalización combinada del grupo. Las investigaciones sobre la conducta animal respaldan la idea de que esto es lo que hacen los grupos de abejas y de simios al decidir sobre los movimientos del grupo. Se asemeja también a la señalización de la reacción inicial observada en las reuniones de negocios. Esos «hums», «ajás» y «mms» tan habituales en las salas de reuniones, junto con posturas corporales animadas o relajadas, indican cómo conservan y hacen uso de estos antiguos mecanismos nuestros procesos modernos de toma de decisiones.

Sin embargo, los retos a los que se enfrentan los individuos cambian radicalmente a lo largo del tiempo. En consecuencia, los mecanismos de señalización social deben ser capaces de seleccionar rápidamente a los *kithmates* adecuados para ayudar a resolver los problemas más recientes. En realidad, es una cuestión de identidad: la naturaleza del problema determinará quiénes van a ser los mejores *kithmates* para aprender acciones nuevas y eficaces. Esto, empero, supone un problema para la toma de decisiones mediante señales sociales, ya que cuando las personas se enfrentan a nuevas decisiones importantes necesitan formar rápidamente grupos de colegas relevantes para el problema. Así, necesitamos averiguar si las personas forman dinámicamente o no grupos de colegas específicos para ciertos problemas en la vida cotidiana moderna.

Para someter esta idea a prueba estudiamos la señalización social y los patrones de interacción de ochenta y un alumnos de una residencia de estudiantes del MIT durante las elecciones presidenciales de 2008, dándoles teléfonos inteligentes que permitían hacer un seguimiento de quienes hablaban cara a cara entre sí. Lo que

descubrimos es que, cuando la política pasaba a un primer plano destacado, como durante un debate presidencial, los estudiantes cambiaban de grupo y empezaban a pasar tiempo selectivamente con otras personas que compartían las mismas posturas ideológicas y excluían a quienes tenían opiniones contrarias. Este fenómeno no se daba en los canales más remotos de comunicación, como las llamadas telefónicas, que permanecían inalterados, quizás porque resultan menos eficaces a la hora de transmitir señales sociales.

Es más, el grado hasta el cual los estudiantes formaban un *kith* cohesionado con personas de opiniones similares predecía su nivel de interés por la carrera presidencial, su equilibrio liberal-conservador e incluso su posterior conducta de voto. En los alumnos de primer año, la magnitud de esta tendencia era similar a los efectos detectados en otros experimentos de evaluación de la publicidad política y de la exposición a los medios de comunicación. Este hallazgo confirma la idea de que, cuando las personas se enfrentan a decisiones importantes, tienden a formar grupos cohesionados de colegas que las respalden, lo cual les proporciona el contexto y el refuerzo social necesarios para realizar su elección.

¿DE DÓNDE SALE LA CREATIVIDAD?

Hemos visto que estas señales ejercen una gran influencia en las relaciones interpersonales y en la conducta del grupo, pero, ¿influyen también en nuestras aptitudes más complejas? Según parece, las humildes abejas melíferas tienen mucho que decirnos sobre el flujo de la información en especies sociales. La idea de que las abejas obreras buscan buenas fuentes de alimento y después regresan a la colmena y realizan un baile de vaivén para comunicar la distancia y la dirección donde se encuentra la fuente de alimento es de todos conocida. Sin embargo, no lo es tanto que las abejas utilizan también este elegante sistema para tomar decisiones en grupo.

Una de las decisiones colectivas más importantes que debe tomar una colonia de abejas es

dónde ubicar el nido. Las abejas parecen utilizar una especie de «mercado de ideas» para guiar su descubrimiento: la colonia envía a un pequeño número de exploradoras a que examinen el entorno. Cuando vuelven, aquellas que han encontrado lugares prometedores indican su descubrimiento con una danza intensa y activa. Como consecuencia de esta señalización social, se recluta a más exploradoras para que acudan a los mejores emplazamientos. Este ciclo de exploración y de señalización social continúa hasta que, con el tiempo, hay tantas exploradoras que muestran señales en favor del mejor lugar que se alcanza un punto máximo y la colmena se desplaza en masa¹.

El proceso decisorio de las abejas pone de relieve la integración y el descubrimiento de la información, dos aspectos básicos para cualquier organización, pero cada uno de los cuales conlleva requisitos distintos. La solución que proponen las abejas consiste en alternar entre múltiples redes —que son mejores para realizar descubrimientos— y una red individual ricamente entretrejida —que resulta más adecuada para la integración—. Las redes (ya sean de abejas o de seres humanos) que varían su estructura de comunicación según sea necesario pueden modelar el caudal de información para optimizar tanto el descubrimiento como la integración.

Nuestras investigaciones del MIT han demostrado que esta misma oscilación entre descubrimiento e integración parece ser característica de los equipos creativos de personas. En un estudio, realizamos un seguimiento de empleados de la división de *marketing* de un banco alemán que nos permitió obtener información sobre su señalización social durante cada encuentro. El análisis de los datos reveló que los equipos encargados de la creación de nuevas campañas de *marketing* oscilaban entre dos patrones de comunicación. En uno de ellos, se situaban en medio de múltiples corrientes de comunicación, lo que denominamos patrón de comunicación centralizada, que se asocia al descubrimiento. En el segundo, se sumergían en un patrón

“Podemos al menos hacernos una idea para andar por casa de lo que es el carisma si lo definimos a partir de sus características operativas: una capacidad inusual para convencer a los demás de que prueben una nueva conducta”

de comunicación densamente interconectado donde la mayoría de las conversaciones se realizaban con otros miembros del equipo. Por el contrario, los empleados que pertenecían a los grupos de producción mostraban escasa oscilación, y hablaban casi exclusivamente con otros miembros del equipo. Un segundo estudio demostró que los equipos creativos no solo mostraban más variaciones en cuanto a la forma de su red de comunicación social, sino que la amplitud de dichas variaciones estaba correlacionada con el grado de productividad creativa que los propios grupos consideraban que tenían. En otras palabras, las oscilaciones en la forma de estas redes pueden predecir la productividad creativa, al menos según la definición de los miembros de las redes.

¿Por qué este patrón puede fomentar una mayor producción creativa? Una manera de interpretar los hallazgos es que este patrón de oscilación aporta información nueva a un grupo para su integración en nuestras mentes habituales. Dado que las mentes habituales utilizan la asociación en lugar de la lógica, es más fácil realizar saltos intuitivos y buscar nuevas analogías

¹ Véase «Group Decision Making in Honey Bee Swarms», *American Scientist*, mayo-junio de 2006.

creativas. Se puede tomar la experiencia de una nueva situación, dejarla *reposar* un rato y después producir una serie de acciones análogas. Existe gran cantidad de bibliografía según la cual la cognición inconsciente es más eficaz que la consciente para la resolución de problemas complejos. La mente habitual parece funcionar mejor cuando la mente atenta, más lógica, no interfiere, como por ejemplo, durante el sueño o cuando estamos «dándole vueltas en la cabeza». Por el contrario, la mente atenta aporta ideas a nuestras acciones y nos ayuda a detectar problemas y a elaborar nuevos planes de acción.

EL PODER DEL CARISMA

Aunque el uso de mecanismos de señalización social para tomar decisiones parece ser de utilidad para combinar alternativas de actuación e intereses, probablemente no lo sea para aprender nuevas conductas. Esto se debe a que el mecanismo de combinación del «mercado de ideas» tiende a seleccionar solo visiones de consenso y se muestra poco receptivo a alternativas nuevas o inusuales. Da lugar a un grupo social conservador muy estable. Esta resistencia al cambio plantea la importante cuestión de cómo los mecanismos de señalización social pueden haber facilitado el aprendizaje de nuevos hábitos de actuación a partir de ejemplos externos a la comunidad.

Un posible mecanismo es el fenómeno del carisma. Aunque nadie ha conseguido definir plenamente en qué consiste, los sujetos que participan en las investigaciones coinciden de manera fiable acerca de sus características. En particular, la mayoría opina que el carisma es mucho más que simplemente elegir palabras o argumentar. Podemos al menos hacernos una idea para andar por casa de lo que es el carisma si lo definimos a partir de sus características operativas: una capacidad inusual para convencer a los demás de que prueben una nueva conducta. Según esta definición, las personas a las que se les da bien hacer presentaciones sobre planes de negocios, crear equipos de alto

rendimiento y obtener éxito en otras actividades similares manifiestan esa cualidad. Cabe destacar que en muchos de estos efectos del carisma parece intervenir la señalización social. En nuestros estudios hemos observado que existe cierto estilo de interacción social (que podemos identificar de forma cuantitativa y automática mediante el tratamiento informático de la voz y de los gestos) que permite predecir con bastante exactitud el éxito a la hora de influir en la conducta de los demás en diversas situaciones.

A modo de ejemplo, pensemos en nuestro estudio sobre presentaciones de planes de negocios. En él, un grupo de directivos de empresas emergentes se reunieron en el MIT para realizar una importante tarea. Cada directivo presentó un plan de negocio al grupo, y este después eligió las mejores ideas. Los directivos llevaban puestos nuestros distintivos, que captaban su estilo de señalización social. Analizando estas señales logramos pronosticar con gran exactitud qué planes de negocio elegirían los directivos. Parece que nuestros directivos se dedicaban a medir el contenido social de las presentaciones, al margen de la vertiente hablada e informativa.

Para entender el sentido de este fenómeno, vamos a examinar la situación con más detenimiento. Supongamos que nos están mostrando una presentación acerca de un plan de negocio relacionado con un tema sobre el que estamos poco familiarizados. Aunque no sepamos mucho del tema, la ponente está realizando una presentación fluida y con soltura. Además, muestra visiblemente su energía y su entusiasmo. Nuestra mente habitual diría: «Tal vez yo no sepa mucho de esto, pero está claro que ella es una experta y que está entusiasmada... así que supongo que debe de ser un buen plan». Este estilo satisfactorio de presentación es carismático según la definición que hemos hecho, dado que logra convencer a la gente para que contemple nuevas conductas.

De modo similar, nuestro equipo de investigación llevó a cabo recientemente otro estudio

sobre los asistentes a un curso intensivo de una semana de duración para directivos impartido en el MIT, donde de nuevo el proyecto final consistía en hacer una presentación sobre un plan de negocio. En esta ocasión utilizamos nuestros distintivos electrónicos para observar a los directivos durante una velada de bienvenida celebrada en la primera jornada del curso. Observamos que sus estilos sociales durante la velada permitían pronosticar cómo se percibirían los planes de negocio de sus equipos al final del curso. El estilo de más éxito fue el que denominamos de conector carismático. Las personas de este tipo circulaban entre la multitud, practicaban la escucha activa, hablaban con fluidez y tendían a dirigir las conversaciones a través de preguntas.

Cuanto más conectores carismáticos tuviera un equipo determinado entre sus miembros, mejores juicios se emitían sobre él durante la presentación del plan de negocio. Al parecer, esto se debía a que los miembros trabajaban mejor juntos. En aquellos equipos cuyo estilo social estaba dominado por estos conectores carismáticos, los debates internos se caracterizaban por un reparto de turnos más equitativo, por un mayor compromiso y por una productividad más elevada. Estas dos características (carisma y conector) suelen ir de la mano. Hemos observado que las personas con un estilo al hablar más coherente y persuasivo son también los mejores conectores. Aquellas cuyas redes sociales incluyen muchos grupos diferentes son exactamente las que exhiben un estilo de interacción carismático.

BAJO LA INFLUENCIA DE LAS SEÑALES

Nuestras investigaciones indican que la conducta de las personas depende mucho más de su red social de lo que generalmente se había imaginado. El ser humano es verdaderamente un animal social, y la mejor metáfora que podemos encontrar para describirlo es que las personas son como los músicos de un cuarteto de jazz, que forman un entramado de reacciones

inconscientes sintonizadas para complementar exactamente a los demás miembros del grupo. Todos estos estudios que hemos efectuado dentro de mi grupo de investigación permiten demostrar que esta forma de sumergirnos en la red social circundante es típica de la condición humana y no un ejemplo aislado que se da en circunstancias excepcionales. Nuestros antiguos reflejos de coordinación social inconsciente nos fusionan en grupos de colegas para la resolución de problemas, en nuestro *kith*. Y estos grupos ejercen una influencia considerable en nuestras acciones cada día.

¿Qué conclusiones prácticas podemos extraer de todo ello? Estos resultados revelan que los individuos deben actuar conscientemente para obtener un grupo de *kithmates* cohesionado y comprometido, que les ayude a adoptar hábitos de actuación más eficaces. Existen pruebas sólidas de que las personas que poseen *kithmates* unidos e implicados no solo son más productivas y creativas, sino que también se muestran más felices, fuertes y satisfechas. Pero, ¿cómo conseguir este conjunto de compañeros valiosos? El estilo de señalización de conector carismático que hemos hallado tal vez constituya el factor más importante a la hora de favorecer el éxito en actividades de grupo, ya que crea un estado de ánimo positivo contagioso, incrementa la confianza y fomenta una participación más uniforme y socialmente consciente. Tal vez haya llegado el momento de empezar a formar a la gente para que se asemeje más a estos conectores.

La minería de la realidad ofrece estas ideas tan prometedoras porque sus grandes conjuntos de datos revelan patrones sociales antes invisibles. Además, permiten integrar en tiempo real imágenes de cientos e incluso de miles de personas trabajando juntas. Sin embargo, no cabe duda de que este método plantea ciertos problemas éticos que es necesario abordar: tales datos suponen una posible amenaza para la privacidad individual. Así pues, es importante que sean las personas, y no las empresas, las que posean los datos obtenidos mediante la minería de la

realidad. En mi opinión, se otorgaría de este modo el control de su uso a los individuos observados, que es a quienes pertenece, lo cual permitiría a estos últimos extraer conclusiones personales positivas a partir de los datos. Se crearía entonces un mercado justo para el uso público de esta importante fuente de conocimiento en nuestro afán por comprender cómo trabajamos juntos realmente.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a los alumnos y a los miembros del claustro su colaboración en las investigaciones mencionadas a lo largo del artículo. Tanzeem Choudhury, Taemie Kim, Daniel Olguin Olguin y Ben Wabe ayudaron a crear los distintivos de identificación sociométricos y a llevar a cabo los experimentos relacionados. Nathan Eagle, Anmol Madan y el profesor de la Universidad de Harvard David Lazer contribuyeron a diseñar y realizar los experimentos de los teléfonos inteligentes. El profesor adjunto Sinan Aral y el profesor Erik Brynjolfsson, ambos del MIT, y Tracy Heibec y Lynn Wu colaboraron en el análisis de los experimentos. Los artículos sobre las investigaciones donde se debaten los estudios resultantes se pueden encontrar en <http://hd.media.mit.edu>. En *American Scientist* 98, pp. 204-210 se publicó una versión anterior de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- AMBADY, N., y R. ROSENTHAL (1992), «Thin slices of expressive behavior as predictors of interpersonal consequences: A meta-analysis», *Psychological Bulletin* 111, pp. 256-274.
- BARSADE, S. (2002), «The ripple effect: emotional contagion and its influence on group behavior», *Administrative Science Quarterly* 47, pp. 644-675.
- BUCHANAN, M. (2007), «The science of subtle signals», *strategy+business* 48, pp. 1-10.
- BUCHANAN, M. (2009), «Secret signals. Does a primitive, non-linguistic type of communication drive people's interactions?», en *Nature* 457. pp. 528-530.
- COUZIN, I. D. (2009), «Collective cognition in animal groups», *Trends in Cognitive Sciences* 13, pp. 36-43.
- IACOBONI, M., y J. C. MAZZIOTTA (2007), «Mirror neuron system: Basic findings and clinical applications», *Annals of Neurology* 62, pp. 213-218.
- PENTLAND, A., y T. HEIBECK (2008), *Honest Signals: How They Shape Our World*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- ZAHAVI, A. (1997), *The Handicap Principle: A Missing Piece of Darwin's Puzzle*, Oxford: Oxford University Press.

La arqueología de la innovación: enseñanzas para nuestro tiempo

Sander van der Leeuw

Arizona State University
y Santa Fe Institute

INTRODUCCIÓN

En este artículo he tratado de reunir diversas líneas de trabajo que he llevado a cabo durante los treinta últimos años como arqueólogo y como científico social generalista preocupado por la historia de la evolución humana a muy largo plazo, y por algunas de sus implicaciones para los retos que nos plantea el siglo XXI. El resultado representa una visión muy personal que difiere notablemente de las aportaciones de numerosos colegas en el sentido de que desde el principio planteo que lo que caracteriza a las sociedades y al comportamiento de los seres humanos modernos (*Homo sapiens sapiens*)¹ es el procesamiento de la información, que incluye no solo aprender, sino también aprender a aprender (aprendizaje de segundo orden; Bateson, 1972), así como la categorización, la abstracción, la organización (jerárquica) y otros fenómenos relacionados. Es más, los seres humanos modernos se comunican entre sí haciendo uso de distintos tipos de medios simbólicos y tienen capacidad para transformar su entorno natural y material de maneras muy diferentes y en diversas escalas espaciales y temporales. En consecuencia, este artículo diverge del pensamiento darwiniano habitual sobre la evolución humana basado en la población (por ejemplo, Boyd y Richerson, 1985, etc.) en el sentido de que, al hablar de periodos

posteriores (Lane *et al.*, 2009), se centra en el *pensamiento de la organización*, esto es, en estudiar cómo evoluciona la manera en que los seres humanos procesan la información, se organizan y transforman el mundo que los rodea.

La forma que ha adoptado este artículo ha sido necesariamente la de un resumen introductorio en torno a muchas de las disputas subyacentes sobre la trayectoria de la evolución humana y a los aspectos de esa historia particularmente relevantes para el presente y para el futuro. En la medida de lo posible, he tratado de hacer referencia a artículos y otras publicaciones que desarrollan mi línea de pensamiento principal. Sin embargo, otras referencias las he reducido al mínimo para no cargar el debate con las numerosas dudas y discusiones que se han producido en la comunidad antropológica y arqueológica acerca del periodo de gestación. De este modo, he podido reservar espacio para señalar algunas de las implicaciones que posee este planteamiento para los desafíos del presente y, en particular, la contradicción entre dos palabras actualmente en boga: *innovación* y *sostenibilidad*.

La historia evolutiva de la especie humana y, en concreto, su capacidad cognitiva y organizativa, se entiende aquí como compuesta de dos partes, una esencialmente biológica (el crecimiento

¹ La distinción entre el ser humano (*Homo sapiens*) y el ser humano moderno (*Homo sapiens sapiens*) a la que se hace aquí referencia sigue la costumbre actual entre los paleoantropólogos. Se calcula que la transición se produjo en torno a 200.000 años AP.

de nuestro cerebro y su capacidad cognitiva) y otra esencialmente cultural (aprender a explotar la plena capacidad del cerebro). De ahí que este trabajo se divida en tres grandes secciones dedicadas respectivamente a 1. la evolución biológica, 2. la evolución cultural y 3. las implicaciones que tiene la historia de la especie para los retos de hoy día.

Cabe destacar que cada una de estas tres secciones se basa en ideas y conocimientos procedentes de distintas disciplinas y subdisciplinas. La primera parte deriva de las disputas de la biología y la psicología evolutivas, y por tanto se basa en una epistemología y en argumentos que provienen esencialmente de las ciencias de la vida, así como en datos de la etología, de la paleoantropología y de la ciencia cognitiva. Trata de reconstruir la evolución de la especie humana hasta llevarnos a sus capacidades actuales comparando primates vivos, restos fósiles de seres humanos (así como artefactos hechos por ellos) en distintas etapas de su desarrollo y las características físicas y conductuales de los seres humanos modernos. Esto genera un mosaico de datos e ideas cuyo principal interés, en la medida en que encajan coherentemente, radica en el hecho de que plantea nuevos interrogantes y proporciona una base para la argumentación de la segunda parte.

Por otro lado, dicha sección proviene de argumentos procedentes de la arqueología y de la historia basados en las epistemologías de las humanidades y de las ciencias sociales respectivamente, así como de datos e ideas surgidas de fuentes arqueológicas, históricas escritas y observacionales modernas. Trata de esbozar el desarrollo de la organización social desde los pequeños grupos itinerantes de cazadores-recolectores-pescadores, pasando por los pueblos, los sistemas urbanos y los imperios, hasta la sociedad globalizada de nuestros días, haciendo hincapié en el papel que la energía y la información desempeñan en ese desarrollo y en cómo lo hacen. De este modo, utilizaré las limitaciones y las oportunidades que conlleva el carácter

biosocial de nuestra especie para explicar fenómenos observados en la historia humana, formulando la explicación en términos sistémicos que muchos arqueólogos y la mayoría de los historiadores tendrían dificultad en reconocer. Además, para empeorar las cosas, aplicaré un grado de generalización que trasciende al que suele emplearse en estas disciplinas.

Mi justificación para hacerlo se basa en que la mayoría de la investigación transdisciplinar —si no toda— debe tratar de «alterar constructivamente a los profesionales de todas las disciplinas involucradas» con el fin de plantear nuevos interrogantes y problemas para su estudio por parte de las comunidades que practican dichas disciplinas y por otras personas, con el fin de *ampliar las fronteras* de nuestros conocimientos e ideas. La dirección en la que he intentado ampliar esas fronteras proviene del hecho de que este artículo trata de aportar algo al debate actual sobre la sostenibilidad.

En la tercera sección del artículo he procurado esbozar cómo la naturaleza biosocial de los seres humanos y el curso de la historia de las especies durante los últimos 12.000-15.000 años han conspirado para crear el dilema al que hoy nos enfrentamos: ¿cómo utilizar la capacidad humana para innovar, cuyo uso incontrolado durante los tres últimos siglos ha dado lugar a la insostenibilidad de nuestro modo de vida actual, con el fin de llegar a una sociedad más sostenible? La respuesta breve a esta pregunta es clara: debemos utilizar nuestra capacidad para innovar de otra manera. Esta sección del artículo finaliza, por tanto, con algunas propuestas derivadas de la observación de una debilidad fundamental de nuestro pensamiento científico actual: la capacidad de extraer enseñanzas del pasado para el futuro.

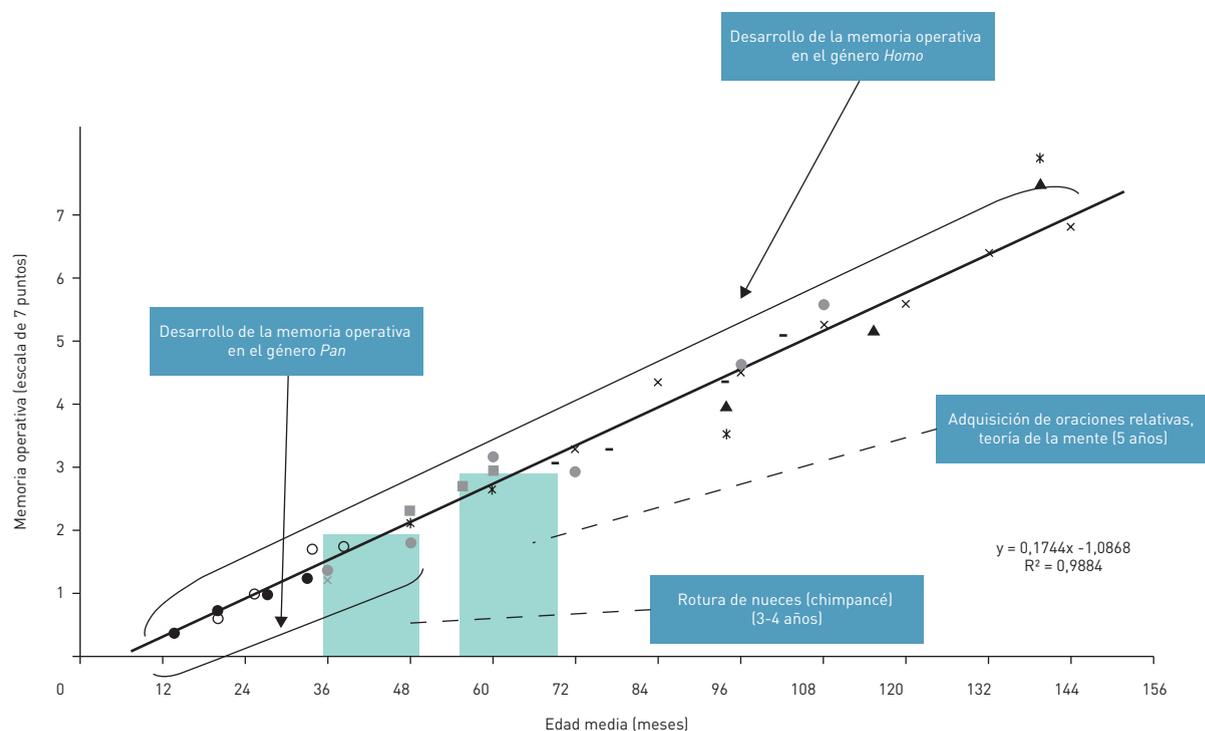
LA EVOLUCIÓN DEL CEREBRO HUMANO

La primera parte del artículo hace referencia al desarrollo físico del cerebro humano y a su capacidad para manejar un número cada vez mayor de fuentes de información simultáneas.

Aquí, la idea principal consiste en la evolución de la memoria operativa a corto plazo (en adelante, MOCP), que determina cuántas fuentes de información distintas se pueden procesar juntas para seguir una línea concreta de pensamiento o de acción. Existen diversas formas de reconstruir esta evolución (Read y Van der Leeuw, 2008, 2009). Indirectamente, se puede interpolar comparando la MOCP de chimpancés (nuestro antepasado más próximo en el árbol evolutivo que ha dado lugar al ser humano moderno) con la de los seres humanos actuales. El 75% de los chimpancés son capaces de combinar tres elementos (un yunque, una nuez y un percutor lítico) en la acción de romper una nuez, lo cual nos lleva a pensar que la MOCP de los

chimpancés es 2 ± 1 , porque el 25% no consigue dominarla. Por otra parte, los experimentos que estudian distintas formas de calcular la capacidad humana para combinar fuentes de información parecen apuntar a una MOCP de 7 ± 2 en el ser humano moderno. Esta diferencia coincide sutilmente con el hecho de que los chimpancés llegan a la adolescencia al cabo de tres o cuatro años, y el ser humano moderno a la edad de 13-14 años. Por tanto, se considera que el desarrollo de la MOCP tiene lugar antes de la adolescencia en ambas especies, y que la diferencia en la edad a la que se alcanza la adolescencia explica la diferencia en cuanto a capacidad de la MOCP (gráfico 1, Read y Van der Leeuw, 2008: 1960).

Gráfico 1. Relación entre capacidad cognitiva y desarrollo infantil en el género *Pan* y en el *Homo sapiens sapiens*. La línea de tendencia se proyecta desde la regresión de la respuesta tiempo-retraso (Diamond y Doar, 1989) en la primera infancia. Datos reescalados para cada conjunto de datos con el fin de que la línea de tendencia pase por la media de dicho conjunto de datos. Memoria operativa escalada a MOCP = 7 a los 144 meses. Las barras verticales difuminadas comparan la edad de romper nueces entre los chimpancés con la de adquisición de las oraciones relativas y la conceptualización de la teoría de la mente en el ser humano. (Los datos de la MOCP están representados aquí por los símbolos siguientes: • - imitación (Alp, 1994); + - retraso temporal (Diamond y Doar, 1989); * - recuerdo de números (Siegel y Ryan, 1989); x - puntuación total en lenguaje (Johnson *et al.*, 1989); x - oraciones relativas (Corrêa, 1995); ■ - etiqueta de recuento, amplitud (Carlson *et al.*, 2002); o - retest a los 6 meses (Alp, 1989); ▲ - recuerdo del mundo (Siegel y Ryan, 1989); ● - recuerdo espacial (Kemps *et al.*, 2000); ◆ - oraciones relativas (Kidd y Bavin, 2002); - - memoria operativa espacial (Luciana y Nelson, 1998); — - retraso de tiempo lineal (Diamond y Doar, 1989)).



Otro aspecto que corrobora el desarrollo de la MOCP son las mediciones de la encefalización: la evolución de la relación entre el peso del cerebro y el peso corporal de los antepasados del ser humano moderno a lo largo del tiempo. La evolución de estas proporciones se basa en los restos óseos de cada una de las subespecies encontradas y, como muestra la figura 1, se corresponde exactamente con la evolución de la MOCP tal y como se ha establecido a partir del modo y del grado en el que estos antepasados fueron capaces de modelar instrumentos de piedra (Read y Van der Leeuw, 2008: 164).

Aunque ambos enfoques dependen de hecho de la extrapolación y, por tanto, no proporcionan ninguna prueba *directa* para nuestra tesis, el estudio de la manera y del dominio adquirido a la hora de crear herramientas de piedra por parte de las distintas subespecies y variantes que han precedido al ser humano moderno sí constituye una evidencia directa, según el resumen que aparece en el cuadro 1. Dicho cuadro relaciona la evolución de las acciones en la fabricación de útiles de piedra con los conceptos que definen, con el número de dimensiones y con la MOCP involucrada en los instrumentos de piedra que proporcionan ejemplos de cada etapa.

Veamos un ejemplo para explicar el grado de desarrollo en cuestión: el dominio de la conceptualización tridimensional y de la manufactura de utensilios de piedra (véase el gráfico 2 a-d) (Pigeot, 1991; Van der Leeuw, 2000). Las primeras herramientas son básicamente guijarros de cuya superficie (generalmente en la zona más puntiaguda) se ha desgajado una lasca para obtener un borde más afilado (gráfico 2a). Extraer esa lasca requiere tres elementos de información: la futura herramienta de la que se va a desgajar la lasca, el percutor con el que se va a realizar y la necesidad de mantener entre ambos un ángulo inferior a 90° en el momento del golpe. Por tanto, he aquí una prueba de MOCP 3. En la etapa siguiente, esta acción —el lascado— se repite a lo largo del borde del guijarro, lo que requiere controlar las tres variables anteriores

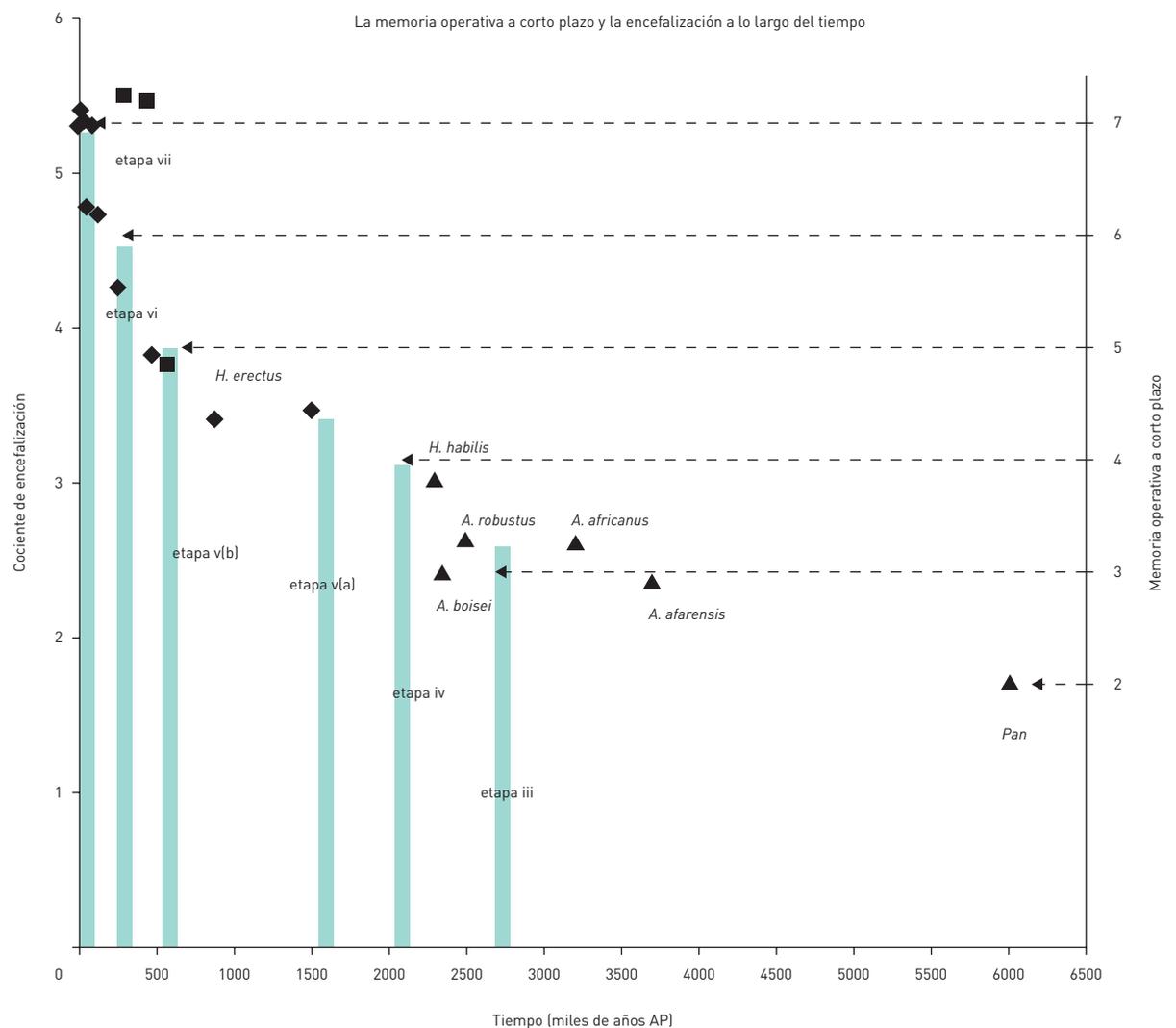
y una más: la sucesión de golpes en línea. Así pues, la MOCP es 4 (gráfico 2b). A continuación, se completa el borde: el tallista va rodeando todo el contorno del guijarro hasta que la última muesca queda adyacente a la primera. Esta etapa no es completamente nueva en sí, de manera que la hemos denominado MOCP 4,5. Sin embargo, una vez concebido el círculo cerrado para definir una superficie, el tallista tiene dos opciones: definir una superficie creando un borde a base de percutirla alrededor y después extraer el núcleo, o bien hacerlo a la inversa, extrayendo primero el núcleo y después perfeccionando el borde. La reversibilidad conceptual muestra que el tallista ya ha integrado cinco dimensiones y que su MOCP es de 5 (gráfico 2c). La etapa siguiente desarrolla de nuevo la secuencialidad, pero de manera más compleja. En la denominada técnica Levallois, la realización de un artefacto sirve al mismo tiempo de preparación para el siguiente, ya que el guijarro se divide conceptualmente en dos partes a lo largo de sus bordes. Por último, el tallista trabaja completamente en tres dimensiones, preparando dos superficies y después extrayendo lascas de la tercera. En esta etapa de MOCP 7 (gráfico 2d), por primera vez los tallistas no solo son capaces de trabajar sobre un fragmento de piedra tridimensional, sino también de concebirlo como tal y adaptar sus técnicas de trabajo en consecuencia, reduciendo considerablemente las pérdidas y aumentando la eficiencia.

Si examinamos atentamente los utensilios y otros vestigios de la existencia humana fechados alrededor del año 50.000 AP, veremos que, después de unos dos millones de años, los seres que vivieron en aquella época eran capaces de (Van der Leeuw, 2000):

- Distinguir entre realidad y concepto.
- Categorizar en función de semejanzas y diferencias.
- Mentalmente, hacer un ejercicio de realimentación, de prealimentación y de retroceso en el tiempo (por ejemplo, invertir una secuencia causal observada para concluir a

- partir del resultado qué tipo de acción pudo llevar a ella).
- Recordar y representar secuencias de acciones, como bucles de control, y concebir secuencias de este tipo que se puedan incorporar como alternativas en las secuencias de fabricación.
 - Crear jerarquías básicas, como por ejemplo, de punto-línea-superficie-volumen, o jerarquías de tamaño o inclusión.
 - Concebir relaciones entre un todo y las partes que lo componen (incluida la inversión de dichas relaciones).
 - Retener en la mente secuencias complejas de acciones, como por ejemplo, las distintas etapas de un proceso de producción.
 - Representar un objeto empleando dimensiones reducidas (por ejemplo, pinturas rupestres sobre escenas de la vida real).

Gráfico 2. Gráfico que muestra cálculos del cociente de encefalización (CE) basados en fósiles de homínidos y en el género *Pan* (chimpancés). Los primeros fósiles de homínidos se indican mediante su taxón. Cada punto de datos refleja la media de los fósiles de homínidos correspondientes a este periodo. La altura de las barras verticales difuminadas muestra el CE de los homínidos correspondiente a los datos sobre la aparición de la etapa representada mediante dicha barra. El eje vertical derecho representa la MOCP. Datos adaptados de las fuentes que se indican a continuación: triángulos, Epstein, 2002; cuadrados, Rightmire, 2004; rombos, Ruff et al., 2004. CE = masa cerebral / (11,22 masa corporal^{0,76}), véase Martin, 1981.



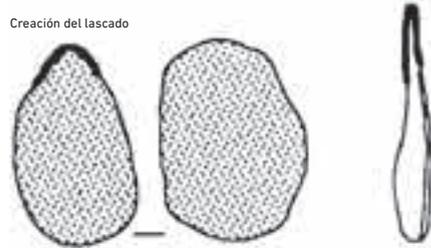
Cuadro 1. Evolución de la fabricación de instrumentos de piedra desde las primeras herramientas (etapa 2, hace más de 2,6 millones de años; halladas en Lokalalei 1) hasta las complejas técnicas para obtener hojas (etapa 7, encontrada en numerosos lugares del mundo en torno al 50.000 AP). Las columnas 2-5 indican las observaciones que nos llevan a deducir capacidades específicas de la MOCP; la columna 8 (negrita) muestra la capacidad de la MOCP en esa etapa, y en la 9 figura la edad aproximada de inicio de cada etapa. La columna 10 hace referencia a los tipos correspondientes de artefactos que documentan cada etapa. Para una explicación más detallada, véase Read y Van der Leeuw, 2008: 1961-1964.

Etapa	Concepto	Acción	Novedad	Dimensiones	Objetivo	Modo	MOCP	Periodo AP	Ejemplo
1	Atributo del objeto	Repetición posible	Ya están presentes atributos funcionales; se puede mejorar	0	Utilizar el objeto		1		
1A	Relación entre objetos		Usar más de un objeto para realizar la tarea	0	Combinar objetos		2		
2	Atributo impuesto	Repetición posible	Objeto modificado para realizar la tarea	0	Mejorar el objeto		2	→ 2,6 mill. de años	Lokalalei 1
3	Lascado	Repetición	Lascado deliberado, pero sin un diseño general	0: ángulo de incidencia $\leftarrow 90^\circ$	Dar forma a las lascas		3	2,6 mill. de años	Lokalalei 2C
4	Borde	Iteración: cada lasca controla a la siguiente	Lascado (<i>débitage</i>) para crear un borde en un núcleo	1: una hilera de lascas crea bordes parciales	Dar forma al núcleo	1	4	2,0 mill. de años	Canto tallado olduvayense
5	Curva cerrada	Iteración: cada lasca controla a la siguiente	Lascado (<i>débitage</i>) para crear un borde y una superficie	2: bordes como elementos que generan superficies	Dar forma a la bifaz a partir del borde	2	4,5		
5A	Superficie	Iteración: cada lasca controla a la siguiente	Tallado de hechuras (<i>façonnage</i>): lascado para obtener una forma	2: superficies entendidas como elementos organizados entre sí	Dar forma a la bifaz a partir de la superficie	2	5	500.000 años	Hachas de mano bifaces
6	Superficie	Algoritmo: la extracción de una lasca prepara la siguiente	Control del lugar y del ángulo de lascado para dar forma a una superficie	2: superficie de la lasca extraída bajo control, pero con restricciones de forma	Producción en serie de utensilios	3	6	300.000 años	<i>Levallois</i>
7	Intersección de planos	Aplicación recurrente de algoritmos	Técnica de hoja prismática; proceso regular	3: la extracción de lascas conserva la forma del núcleo; sin limitaciones de forma	Producción en serie de utensilios	4	7	→ 50.000 años	Técnicas para obtener hojas

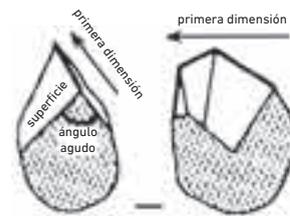
Figura 1. Para que el ser humano haya adquirido la capacidad de concebir un objeto tridimensional (un guijarro o un utensilio de piedra) en tres dimensiones han hecho falta cerca de dos millones de años. a. Desprender una lasca del extremo de un guijarro constituye una acción en 0 dimensiones, y requiere una MOCP 3; b. extraer sucesivamente varias lascas adyacentes crea una línea unidimensional que requiere una MOCP 4; c. prolongar la línea hasta que se encuentre consigo misma supone definir una superficie dibujando una línea alrededor de ella, y representa una MOCP 5; 5; distinguir entre esa línea y la superficie que engloba implica operar plenamente en dos dimensiones, y requiere una MOCP 5; d. preparar dos lados para extraer las lascas del tercero demuestra una conceptualización tridimensional del guijarro, y requiere una MOCP 7 (extraído de Van der Leeuw, 2000).

Dimensión 0: la punta

Creación del lascado



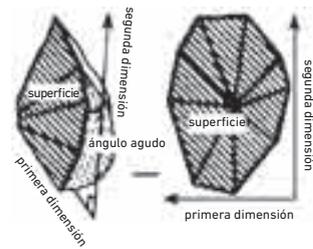
Primera dimensión: la línea



Secuencia de lascado



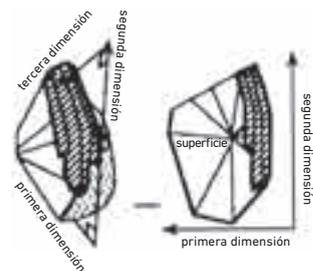
Segunda dimensión: la superficie



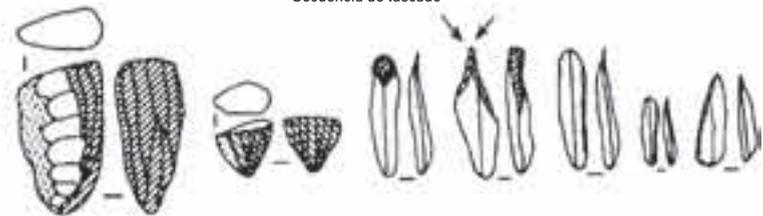
Secuencia de lascado



Tercera dimensión: el volumen



Secuencia de lascado



LA EXPLOSIÓN DE LA INNOVACIÓN: EL DOMINIO DE LA MATERIA Y EL APRENDIZAJE DE CÓMO APROVECHAR AL MÁXIMO EL CEREBRO

A partir del 50.000 AP² y, especialmente, desde alrededor del 15.000 AP, asistimos a una verdadera *explosión de la innovación* que se extiende casi por todo el planeta. La gran cantidad de invenciones que se producen en todos los dominios es verdaderamente sorprendente, y se ha ido acelerando hasta nuestros días. No hay motivos para pensar que se hayan producido desarrollos posteriores de la MOCP humana, dado que las pruebas experimentales indican que el ser humano moderno en la actualidad es capaz de manejar simultáneamente en el mejor de los casos siete, ocho o, en ocasiones, nueve dimensiones o fuentes de información, pero incluso un examen superficial de la tecnología moderna, de los idiomas y de otros avances muestra la gran variedad de logros que se pueden conseguir con una MOCP de 7 ± 2 . Así pues, cabe decir que en esta siguiente fase, *desde aproximadamente el 50.000 AP hasta ahora, la biología de la mente ha dejado de imponer limitaciones, y el objetivo principal consiste en adquirir la mayor gama posible de técnicas que permitan aprovechar la capacidad de la MOCP disponible.*

El advenimiento de tecnologías mejores

En este proceso podemos distinguir diversas fases. En la primera se desarrollan considerablemente las herramientas, pero el estilo de vida nómada de recolector-cazador-pescador permanece invariable. Algunos de los muchos operadores cognitivos que surgen en esta primera fase son (Van der Leeuw, 2000):

- El uso de *topologías* completamente *nuevas* (por ejemplo, la de un sólido en torno a un espacio vacío, como en el caso de una vasija o de una cesta).
- El uso de numerosos *materiales nuevos* con los que fabricar utensilios. Aunque resulta difícil demostrar que estos materiales no se hayan utilizado anteriormente, sin embargo se pueden encontrar a partir de este

momento objetos de hueso, madera y otros materiales perecederos.

- La *combinación de materiales distintos en un solo utensilio* (por ejemplo, poner a pequeños útiles de piedra afilados una empuñadura de madera o de hueso).
- La *inversión de la secuencia de fabricación desde lo reductivo* (que comienza con un objeto grande, como por ejemplo, un bloque de piedra, del que sucesivamente se van desprendiendo fragmentos cada vez más pequeños) para controlar la forma, *hasta lo aditivo*, donde se combinan partículas diminutas (como arcilla o fibras) para formar objetos lineales mayores (como hebras y bobinas) y, a continuación, un objeto bidimensional (como un tejido) al que después se da forma (cosiéndolo) para ajustarlo a un objeto tridimensional (una prenda de ropa), etc. Esto implica la *cognición de una gran variedad de escalas.*
- *Ampliación y reducción de la secuencia de acciones* en la mente: distinción entre fases de preparación complejas (por ejemplo, recolectar materias primas, prepararlas, moldear vasijas, ponerlas a secar, decorarlas y meterlas en el horno), y a la vez ser capaz de relacionar la lógica del proceso de fabricación a lo largo de estas fases (como la adaptación de la arcilla a la técnica de horneado, etc.).

La explosión resultante de nuevos utensilios marcó este periodo hasta cerca del 13.000 AP (en Asia Oriental) o del 10.000 AP (en Oriente Próximo). Pero el modo de subsistencia se siguió caracterizando por una *estrategia multirrecurso* de *recolección* de diversos alimentos en el entorno, aunque abarcando una gama mucho mayor al disponer de nuevas herramientas y al adaptarse a los cambios (condiciones atmosféricas, disponibilidad de alimento) *desplazándose*, aunque recorriendo distancias cada vez más limitadas para *mantenerse siempre por debajo de la capacidad que pudiera soportar* el entorno. En realidad, se carecía de conocimientos para *inter*-accionar con el entorno; solo podían *re*-accionar a él. *Los cambios incontrolables y los riesgos* estaban a la

² Las fechas que se mencionan en este artículo no solo son aproximadas, sino que además difieren en cada lugar del mundo y son objeto de continuas revisiones a medida que avanzan las investigaciones arqueológicas.

orden del día, pero siempre que se podía se reducían al mínimo (Van der Leeuw, 2000).

Los primeros poblados, la agricultura y el pastoreo

En la etapa siguiente, en torno al 13.000-10.000 AP, la continua aparición de innovaciones cambió por completo el estilo de vida de muchos seres humanos. Esta aceleración fue tan impresionante que en unos pocos miles de años había cambiado el modo de vida de la mayoría de los seres humanos que habitaban la Tierra: en lugar de vivir en pequeños grupos nómadas, empezaron a concentrar sus actividades en territorios más pequeños, idearon diversas estrategias de subsistencia y, en algunos casos, literalmente se asentaron formando pequeños poblados (Van der Leeuw, 2000, 2007 y sus bibliografías correspondientes).

Juntos, estos avances abrieron de manera considerable el abanico de opciones de que se disponía para hacer frente a los problemas ocasionados por el entorno. Con ello se incrementó rápidamente la capacidad de nuestra especie para inventar e innovar en muy diversos ámbitos y le permitió hacer frente a problemas más y más complejos en plazos cada vez más breves, con lo que aumentó enormemente la capacidad de adaptación del ser humano. Sin embargo, la otra cara de la moneda era que estas soluciones, al involucrar a las personas en la manipulación de un mundo material que ya controlaban parcialmente, terminaban generando nuevos problemas, a menudo imprevistos, cuya superación puntual requería un gran esfuerzo.

Durante este proceso se produjo una serie de cambios fundamentales. En primer lugar, la relación entre las sociedades y sus entornos pasó a ser *recíproca*: desde ese momento, el entorno terrestre no solo afectó a la sociedad, sino que esta influyó también en el entorno terrestre. En consecuencia, las sociedades sedentarias trataron de *controlar los riesgos ambientales interviniendo sobre el entorno*, principalmente mediante 1. *la reducción y la optimización de su dependencia del*

entorno, 2. *la simplificación e incluso la homogeneización (parcial) de sus entornos*, y 3. *la diversificación y especialización espaciales y técnicas* (Van der Leeuw, 2000). Las nuevas técnicas de subsistencia introducidas, como la horticultura, la agricultura y el pastoreo, redujeron el abanico de elementos que las personas necesitaban para su subsistencia. A lo largo del proceso, ciertos espacios del entorno se *despejaron* y se dedicaron al fin específico de cultivar determinados tipos de plantas, lo cual requirió *inversiones* en algunos lugares del entorno, dedicando estas zonas a actividades específicas y retrasando la obtención de recompensas por las inversiones realizadas. Por ejemplo, despejar el bosque y sembrar permitía obtener una cosecha al cabo de un año.

El incremento resultante de inversiones en el entorno dio lugar a su vez a que diversas comunidades estrecharan cada vez más sus vínculos con el territorio en el que habían elegido vivir. Ahora se construían viviendas permanentes *utilizando la nueva topología* (receptáculos dispuestos boca abajo) y se diseñaban muchas otras clases de herramientas y de técnicas para la fabricación de estas que facilitaron la aparición de nuevas estrategias de subsistencia viables en su entorno (p, ej., el arado, la domesticación de animales, el almacenamiento en cestas y vasijas, el uso de vasijas para cocer). Al margen de los *especialistas* a tiempo completo, algunas personas de los poblados empezaron a dedicar más tiempo, por ejemplo, a tejer o a la alfarería, lo que les permitía ofrecer los productos de su trabajo a otras personas a cambio de lo que estas producían. Así, las diferencias en cuanto a disponibilidad de recursos y a conocimientos técnicos dio lugar a la diversificación económica y, para proporcionar a todos lo que necesitaban, a la aparición del comercio.

De este modo surgió una simbiosis entre los distintos paisajes y los medios de vida inventados y construidos por los grupos humanos para aprovecharlos, *lo cual redujo el número de opciones adaptativas para cada una de estas sociedades y las impulsó a idear soluciones de creciente complejidad*

y con consecuencias cada vez más imprevistas a las que, a su vez, había que hacer frente.

De acuerdo con mi principio fundamental de que el procesamiento de la información es crucial para estos cambios, atribuyo la evolución expuesta en esta sección al comienzo de una nueva dinámica en la que *el aprendizaje pasaba del individuo al grupo* porque las dimensiones de los problemas que había que resolver superaban la capacidad de los individuos para abordarlos. Esto supuso la aparición del siguiente bucle de realimentación (Van der Leeuw, 2007):

La resolución de problemas estructura el conocimiento → al aumentar el conocimiento, aumenta la capacidad de procesar información → esto a su vez permite la cognición de problemas nuevos → se crean nuevos conocimientos → la creación de conocimientos involucra a más y más personas en el procesamiento de la información → aumenta el tamaño del grupo involucrado y su grado de concentración → se crean más problemas → aumenta la necesidad de resolver problemas → la resolución de problemas estructura más conocimiento, etcétera.

Esto ha permitido la acumulación continua de conocimientos y, por tanto, de capacidad de procesamiento de información, lo que ha dado lugar a su vez a un aumento concomitante en el intercambio de materia, energía e información a través de la sociedad, así como al *crecimiento de grupos interactivos*. Sin embargo, dicho crecimiento se ha visto en todo momento limitado por la cantidad de información que podía transmitirse entre los miembros del grupo, dado que un error de comunicación puede dar lugar a malentendidos y conflictos, y, por tanto, puede afectar a la cohesión de las comunidades involucradas. Desde mi punto de vista, las tensiones en la comunicación supusieron un incentivo para 1. *mejorar los medios de comunicación*, por ejemplo, *inventando* conceptos nuevos y más precisos con los cuales transmitir ideas (Van der Leeuw, 1982), y 2. *reducir el tiempo de búsqueda de las personas con las que necesitaban comunicarse* (mediante la adopción de un estilo de vida sedentario).

Por último, a medida que se ha ido diversificando el sistema social y las personas han empezado a depender más unas de otras, el patrón de riesgo ha ido acumulando más tensiones sociales causadas por malentendidos y errores de comunicación. Así pues, la gestión de los riesgos ha ido orientándose cada vez más hacia las habilidades sociales, hacia la invención colectiva y hacia la aceptación de herramientas organizativas y de otros tipos para mantener la cohesión social.

Las primeras ciudades

A partir de este momento, voy a dejar de señalar las innovaciones o las operaciones cognitivas surgidas a medida que las sociedades humanas han ido creciendo en tamaño y se ha ido extendiendo la fundación de ciudades en todo el planeta. Por el contrario, me centraré en los importantes problemas que han traído consigo el sistema de realimentación en el que se ha basado el crecimiento social y la conquista del mundo material a través de la innovación. Superarlos ha dado paso en último término a la aparición de verdaderos *sistemas mundiales*, como los imperios coloniales del comienzo de la época moderna (Van der Leeuw, 2007) o del mundo *globalizado* actual.

A lo largo de la tercera fase, desde alrededor del 7.000 AP, *la comunicación siguió representando una importante limitación* porque cada vez interactuaban entre sí más personas a medida que crecían las dimensiones de los asentamientos hasta llegar a lo que ahora denominamos una ciudad. De nuevo, en esta fase surge una gran cantidad de innovaciones, como la escritura, los mercados regulares, la administración, las leyes, las burocracias o las comunidades dedicadas a tiempo completo a actividades específicas (sacerdotes, escribas, soldados, diferentes tipos de artesanos y de artesanas, etc.). Buena parte de ello vino asociado a la mejora de la comunicación (como la escritura y los escribas), a la regulación social (la administración, las burocracias, las leyes), al aprovechamiento de más y más recursos (minería) o al intercambio de

objetos y materiales a través de distancias cada vez mayores en parte (mercados, comerciantes de largas distancias, innovaciones en el transporte). Sin embargo, a medida que los grupos se iban haciendo más grandes, el territorio —la *huella*, por utilizar un término moderno— del que dependían para sus necesidades materiales y energéticas se ampliaba exponencialmente a la par que el esfuerzo necesario para transportar alimentos y otros materiales. *Esto dio lugar a la aparición de la energía como una importante limitación que frenó la evolución de las sociedades durante los milenios siguientes.*

Al objeto de hacer frente a esta limitación, surgió una interesante dinámica núcleo-periferia para explotar esa huella creciente: el intercambio de organización por energía. *En torno a las ciudades aparecieron estructuras de flujo dinámicas, en las que la capacidad organizativa se generaba en las ciudades y después se extendía alrededor de ellas,* lo cual iba ampliando el territorio que controlaba la ciudad; a su vez, las cantidades de energía cada vez mayores que se obtenían en dicho territorio (en forma de alimentos y de otros recursos naturales) regresaban hacia la urbe para abastecer a una población creciente que mantenía la estructura del flujo mediante la innovación (creación de nueva capacidad organizativa y de procesamiento de la información). Tales *estructuras de flujo* se convirtieron en el motor que impulsó la creación de aglomeraciones cada vez mayores de personas y territorios asociados a ellas.

Lo que permitió a las poblaciones urbanas seguir innovando y mantener así las estructuras de flujo fue nuevamente el aumento de la capacidad de más y más mentes que interactuaban para determinar nuevas necesidades, funciones y categorías, así como nuevos artefactos y problemas. Lo que sustenta esta dinámica es algo de sobra conocido en el mundo moderno. La invención es, por lo general —y sin duda en los tiempos de la pre y de la protohistoria—, algo en lo que participan individuos o equipos muy reducidos. De ahí que, en sus primeras etapas, esté relacionada con un número relativamente

pequeño de dimensiones cognitivas: resuelve problemas de los que pocas personas son conscientes. Dado que estas invenciones se convierten en el foco de atención de un número mucho mayor de personas, pasan a ser aprehendidas simultáneamente en muchas más dimensiones (se les encuentran más usos, formas de mejorarlas ligeramente, etc.), lo cual, en algunos casos, desencadena una *cascada de innovación*, esto es, una serie de innovaciones posteriores, como nuevos artefactos, usos nuevos de los ya existentes y formas nuevas de comportamiento y de organización social e institucional. En dicho proceso, las ciudades y los pueblos obtienen claramente un mayor éxito que las zonas rurales, debido a que en ellos se concentra un mayor número de individuos interactivos. Esto se ve corroborado por el hecho de que, al hallar la correlación entre diversos sistemas urbanos de varios tamaños y sus respectivas mediciones en cuanto a población, energía e innovación, la población guarda una proporción lineal, la energía sublineal y la capacidad de innovación supralineal (Bettencourt *et al.*, 2006).

Imperios

Las *estructuras de flujo* antes mencionadas siguieron creciendo —aunque con altibajos— hasta que, transcurridos varios milenios (desde alrededor del 2500 AC en el Viejo Mundo y en torno al 500 AC en el Nuevo), comenzaron a cubrir regiones muy extensas, como los imperios prehistóricos y protohistóricos (por ejemplo, el chino en Asia, el aqueménida, el macedonio y el romano en el Viejo Mundo, los imperios maya e inca en el Nuevo Mundo o, posteriormente, los imperios coloniales europeos), en cuyo centro se aglutinó un gran número de habitantes y para cuyo abastecimiento acumularon tesoros, materias primas, cosechas y muchos otros bienes de sus tierras remotas. *A lo largo de este periodo, la comunicación y la energía fueron las principales limitaciones que afectaron a ciudades, estados e imperios.* Así, hemos visto avances en el aprovechamiento de la energía de origen animal

(incluida la esclavitud), eólica (para el transporte náutico y para impulsar molinos de viento), de los saltos de agua (para molinos) y demás, pero también en la facilitación de las comunicaciones (por ejemplo, *carreteras* terrestres de larga distancia, el sextante y la brújula para facilitar la navegación marítima) y en todos los medios posibles para crear y concentrar riqueza con el fin de sufragar los gastos inherentes al control de las tensiones sociales, al mantenimiento de la administración y del ejército, etcétera.

Estos gastos limitaron en definitiva la extensión de los imperios en el espacio y en el tiempo. Tainter (1988), por ejemplo, argumenta de forma convincente que solo los tesoros acumulados fuera del Imperio Romano en los siglos anteriores a la conquista romana permitieron a esta metrópolis mantener los grandes ejércitos y burocracias necesarios para el funcionamiento de su imperio. En su opinión, cuando dejaron de obtenerse tesoros a través de las conquistas y el imperio tuvo que volver a depender de la energía recurrente (esencialmente solar), ya no pudo seguir manteniendo la estructura de flujo. Con ello disminuyeron las ventajas de formar parte del imperio, por lo que este empezó a perder el control de sus vastos territorios y la población volvió a establecer redes más pequeñas, regionales o locales. Así pues, el cese de los flujos que había generado inicialmente la coherente estructura socioeconómica del imperio dio paso al descontento o incluso a la dispersión de la población.

LOS TRES ÚLTIMOS SIGLOS

En los tres últimos siglos hemos asistido a la culminación (provisional) de la trayectoria que he esbozado en la segunda parte. Dicha trayectoria muestra cómo las limitaciones y las oportunidades ligadas al carácter biosocial de nuestra especie explican ciertos fenómenos observados si concebimos la historia humana en términos generales. En este sentido, estos tres últimos siglos no difieren de las épocas precedentes, pero en ellos se ha producido una aceleración galopante de la actividad innovadora de nuestra

“Por lo que respecta a la innovación, entre los siglos XVIII y XX, y especialmente en la segunda mitad de este último, *el equilibrio entre oferta y demanda se decantó a favor de la oferta*. En lugar de que las necesidades sociales impulsaran la innovación, fue esta la que impulsó a las necesidades sociales”

especie, inicialmente debido a que la *domesticación* de las energías fósiles acabó con las limitaciones energéticas de muchas actividades humanas, y posteriormente porque la introducción de la electrónica permitió separar la información de la mayoría de los sustratos que se habían utilizado para transmitirla hasta ese momento. La combinación de estos dos avances ha dado lugar a un *salto cuántico* o a un *cambio de estado* en la dinámica social de donde han surgido muchos de los problemas actuales, pero que también ha introducido posibles formas de solucionarlos que hasta ahora no estaban a nuestro alcance.

La introducción de la energía fósil y la dependencia de la innovación por parte de la sociedad

La última fase —hasta el momento— de este proceso a largo plazo de evolución social a través de la innovación abarca los dos últimos siglos y

medio, en los que, primeramente, han desaparecido las limitaciones energéticas gracias a la introducción de abundante energía fósil, y recientemente lo están haciendo las limitaciones para la comunicación y para el procesamiento de la información como consecuencia del advenimiento de nuevas tecnologías. La introducción de fuentes de energía fósil trae consigo primero nuevas tecnologías para permitir, facilitar o reducir los costes del transporte (locomotoras de vapor, automóviles, etc.), de la manufacturación (fábricas con maquinaria de vapor) y de la propia energía, y, más adelante, tecnologías que reducen la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades de la sociedad.

No obstante, sin disponer de una explicación clara inmediata, me gustaría señalar otro motor emergente que, en esta época, transforma la innovación desde una actividad impulsada por la demanda hasta otra impulsada por la oferta. Durante la mayor parte de la (pre-)historia humana parece que las invenciones se han producido como consecuencia de necesidades percibidas, o bien no se han introducido realmente a gran escala en las sociedades hasta que ha surgido dicha necesidad. Por ejemplo, tuvieron que transcurrir casi mil años desde la invención de la siderurgia hasta que dicha técnica se difundió realmente por toda Europa a un ritmo bastante rápido (Sørensen). En ese caso, el freno inicial para la transformación de esta invención en una innovación parece haber estado relacionado con la estructura de la sociedad. En la Edad del Bronce surgieron jerarquías que dominaban extensas redes de intercambio debido a que controlaban las fuentes de extracción del bronce, algo más o menos sencillo de conseguir porque los lugares de acceso a este metal eran relativamente escasos y distantes entre sí. Este no es el caso del hierro, que se puede encontrar prácticamente en cualquier lugar de Europa donde haya agua en abundancia, y, una vez se extendió la tecnología para su uso, nadie pudo seguir enriqueciéndose mediante el control de la fabricación de utensilios de hierro. Por tanto, la introducción de la

tecnología del hierro permitió a un gran número de personas fabricar y utilizar utensilios y armas mucho mejores, con lo que tuvo, en cierto sentido, un efecto democratizador.

Por lo que respecta a la innovación, entre los siglos XVIII y XX, y especialmente en la segunda mitad de este último, *el equilibrio entre oferta y demanda se decantó a favor de la oferta*. En lugar de que las necesidades sociales impulsaran la innovación, fue esta la que impulsó a las necesidades sociales. Las empresas competían por hacerse con invenciones (o las desarrollaban internamente) y después creaban mercados para ellas, instando a la sociedad a utilizarlas para aumentar sus beneficios. *Esto ha dado lugar a que la innovación haya pasado a ser endémica en nuestras sociedades, y estas sociedades, a través de su dependencia de un PIB y de cifras de ganancias en continuo aumento, se han convertido en dependientes de la innovación para seguir existiendo*. Esta nueva dinámica posee importantes consecuencias a la hora de abordar los problemas del siglo XXI, entre ellos la sostenibilidad. Más adelante volveremos sobre este punto.

Este fenómeno ha surgido en un periodo en el que se ha transformado la perspectiva de nuestra sociedad en el tiempo. Hasta el siglo XVII, por lo general se explicaba el presente invocando a la «historia» o al «pasado», o bien alegando que «las cosas siempre han sido así», mientras que socialmente estaba mal visto hablar de «novedades» o de «innovaciones». Esto cambió durante la Ilustración, situación que dio paso en última instancia a nuestra actitud actual, en la que se suele preferir lo «nuevo» frente a lo «viejo», lo «probado» o lo «ancestral» (Girard, 1990). Curiosamente, este cambio de perspectiva ha ido acompañado de la institucionalización de las universidades y de las disciplinas académicas como *crisoles de investigación*, en un principio con la expectativa de que en último término se acabaría inventando algo útil, pero cada vez más en torno a la idea de que la investigación sirve para obtener beneficios económicos.

Separación de la información de sus sustratos materiales y energéticos

Aunque la *tecnología de la información* cuenta con miles de años de existencia en forma de gestos, lenguaje, escritura, contabilidad y muchos otros medios, como las señales de humo de los indios norteamericanos y los tamtanes de África, en la segunda mitad del siglo xx se ha definido el concepto de *información* (Shannon y Weaver, 1948), y, rápidamente desde entonces, se ha mecanizado el procesamiento de la información, primero en el ámbito de la comunicación, pero después también en el del cálculo, la representación y muchos otros. Así pues, el actual hincapié que se hace en ciertas esferas de nuestra sociedad actual al calificar esta de *sociedad de la información* es erróneo: desde el comienzo de la evolución humana, todas las sociedades han sido *sociedades de la información*.

Queda claro que, dado que nos hallamos tan solo en el inicio de un proceso que con el tiempo permitirá aplicar la electrónica y otras formas de procesamiento de información a todos los aspectos de nuestro pensamiento y de nuestra sociedad —y que aportará numerosas soluciones innovadoras a problemas existentes y a muchos otros nuevos—, actualmente no podemos conocer los *impulsores* de nivel superior que pueden surgir como consecuencia de dicho proceso. Sin embargo, señalamos que, de nuevo, estos acelerarán la dependencia de la innovación en nuestra sociedad. De hecho, la recopilación y el tratamiento masivos de la información, así como la aplicación del concepto de información a procesos físicos, biológicos y sociales, comienzan a erigirse como un nuevo problema: la *revolución* de las NBIC, donde convergen (y pueden interactuar) las tecnologías «nano», «bio», de la información y de las comunicaciones.

Sea como fuere, después de dominar la *materia* mediante la ideación de maneras de separar conceptualmente su manipulación del espacio/tiempo en el que se ha producido dicho proceso —que para la humanidad ha durado unos dos millones de años— y de dominar la energía

separándola conceptualmente del movimiento y del cambio —algo que se prolongó durante los siete mil años siguientes—, solo se han tardado doscientos años más en conceptualizar la información, separándola de su sustrato material o energético. Por tanto, nuestra capacidad colectiva de procesar información se ha acelerado más o menos exponencialmente, al igual que la población de la Tierra y —lo más importante desde nuestro punto de vista— el tamaño y el número de ciudades, que constituyen el principal crisol de invenciones e innovaciones. Una vez identificado el impulsor que subyace a este proceso, al igual que ante cualquier otro crecimiento exponencial, cabe preguntarse: «¿Cuánto más puede durar esto?». Para responder a esta pregunta debemos examinar las consecuencias a largo plazo de la *explosión de la innovación*, desde el Neolítico hasta nuestros días.

LOS RETOS DEL FUTURO. INNOVACIÓN, SOSTENIBILIDAD Y CONSECUENCIAS IMPREVISTAS

Una manera de adentrarnos en este tema, al que dedicaremos la última sección del artículo, consiste en señalar la contradicción que existe entre el hecho de que se considere que la innovación es la salida al síndrome de sobrepoblación que nos afecta, de escasez de recursos actual o futura, de contaminación omnipresente y demás, a pesar de que estos dos siglos de innovación sin control hayan sido los responsables del advenimiento de la sociedad de consumo y del actual desafío de la sostenibilidad. Esto nos lleva a la conclusión de que la innovación, tal como está integrada ahora en nuestras sociedades, difícilmente será la panacea que nos saque del atolladero de sostenibilidad en el que, para muchos, nos encontramos. Esto a su vez plantea el interrogante de si existe alguna opción que no consista en eliminar los problemas con la *varita de la innovación* y, en caso de haberla, cuál podría ser.

Tengo la sensación de que la raíz de este problema se encuentra en la relación entre las limitaciones fundamentales de la mente humana, tanto colectivas como individuales, y en la complejidad

del mundo que nos rodea. En mi opinión, a lo largo de los milenios, esta relación ha cambiado como consecuencia de la propia explosión innovadora. Así pues, para comprender la naturaleza de dicho cambio, tendremos que examinar la relación entre las personas y su entorno.

La cognición humana, por mucho dominio que haya adquirido a la hora de manejar el medio, constituye solo un extremo de la interacción (asimétrica) entre las personas y su entorno, aquel en el que la percepción del mundo externo pluridimensional se reduce a un número de dimensiones muy limitado. El otro extremo de dicha interacción es la acción humana sobre el entorno, y la relación entre cognición y acción es exactamente lo que tanto aleja a nuestras necesidades de nuestras capacidades. Aquí, el concepto crucial es el de las consecuencias *imprevistas* o *insospechadas*, que hace referencia al hecho bien conocido y a menudo observado de que, independientemente del cuidado que se ponga en el diseño de las intervenciones humanas en el entorno, nunca se obtendrán los resultados previstos. Tengo la sensación de que este fenómeno se debe a que cada acción humana sobre el medio modifica este último de muchas más formas de lo que perciben los agentes humanos, simplemente debido a que la dimensionalidad del medio es mucho mayor de lo que es capaz de captar la mente humana. En la práctica, cada vez que el ser humano ha interactuado de una manera determinada con su entorno durante un periodo prolongado se ha producido un proceso de agotamiento: en todos estos casos, al final el medio ambiente acaba tan degradado a los ojos de las personas involucradas que o bien se trasladan a otro lugar, o cambia su manera de interactuar con el entorno.

¿Cómo sucede este fenómeno? Supongamos que un grupo de personas se traslada a un nuevo medio sobre el cual posee escasos conocimientos, como los colonos europeos que llegaron a los bosques del este de Norteamérica (Cronon, 1983). Tras un periodo relativamente breve, detectarán problemas u oportunidades

de interacción con este entorno y *harán algo* al respecto. Sus actividades en relación con estos obstáculos se basarán en una percepción insuficiente de ellos, que consistirá principalmente en observaciones relacionadas con la dinámica a corto plazo en cuestión. Sin embargo, esas acciones transformarán el medio de maneras que afectarán a esta dinámica no solo a corto, sino también a largo plazo en aspectos desconocidos. Con el tiempo, poco a poco, todos los problemas frecuentes se acabarán conociendo y abordando a través de la interacción de la sociedad con el entorno, mientras que se irán acumulando los problemas desconocidos a largo plazo que se hayan ido introduciendo. En términos más abstractos, podemos decir que, debido a la interacción humana con el entorno, el *espectro de riesgo* del sistema socioambiental se transforma en uno en el que los riesgos desconocidos y a largo plazo (centenarios o milenarios) se acumulan en detrimento de los más próximos en el tiempo.

A la larga, esto termina por conducirnos necesariamente hacia una *bomba de relojería* o *crisis* en la que surge tal cantidad de elementos desconocidos que la sociedad corre el riesgo de verse abrumada por el número de retos a los que tiene que enfrentarse al mismo tiempo. Inicialmente tratará de salir del paso innovando cada vez más deprisa, como ha hecho nuestra sociedad durante aproximadamente los dos últimos siglos, pero dado que esto lo único que consigue es acelerar los cambios en el abanico de riesgos, se trata, en definitiva, de una batalla que ninguna sociedad puede ganar. Inevitablemente, llegará un momento en que la sociedad tenga que cambiar de forma drástica su manera de interactuar con el entorno, o perderá su coherencia. En este último caso, transcurrido un tiempo, todo el ciclo volverá a repetirse de nuevo, como demuestran el auge y la decadencia de empresas, ciudades, naciones, imperios o civilizaciones.

¿Qué consecuencias tiene el incremento exponencial de la capacidad de procesamiento de la información sobre esta asimetría entre el entendimiento y las acciones del ser humano? Es

evidente que, a medida que aumenta la capacidad de procesar información, el número total de dimensiones aprehendidas (colectivamente) del proceso crece más o menos en proporción. Por tanto, las acciones humanas sobre el medio afectan cada vez a más dimensiones de los procesos que tienen lugar en él. Dado que el multiplicador entre las dimensiones aprehendidas y las ambientales ignoradas que se ven afectadas por las acciones humanas es elevado, esto implica que, como consecuencia del incremento exponencial en el número de dimensiones aprehendidas, la cifra de dimensiones ambientales afectadas crecerá aun más deprisa, lo cual planteará desafíos ambientales de una forma cada vez más rápida y compleja para la humanidad.

Esta tensión continua y creciente entre la capacidad cognitiva total de una sociedad y la complejidad de su entorno ha constituido en sí uno de los principales impulsores (por no decir el más importante) del incremento en la capacidad de procesamiento de la información de los seres humanos y las sociedades. Esto ha tenido importantes repercusiones para la estructura del procesamiento de la información en las sociedades involucradas. A lo largo de este artículo ya hemos mencionado algunas, como el aumento de la población, la concentración de poblaciones humanas en pueblos y posteriormente en ciudades, la invención de la escritura, los mercados, la administración y otros fenómenos asociados a la organización. Sin embargo, otras no han recibido apenas atención, como por ejemplo, su impacto sobre nuestro lenguaje y sobre la manera de hacer ciencia en el pasado (y a menudo en la actualidad).

Detengámonos primero en el lenguaje. Inicialmente, dado que los grupos pequeños pasaban buena parte del tiempo juntos, el ser humano disponía de oportunidades y de momentos adecuados para una comunicación multicanal: lenguaje hablado, gestos, lenguaje corporal, contexto visual y cualquier otro tipo de comunicación. Eso permitió acumular a largo plazo confianza y entendimiento para reducir y

corregir muy diversos errores de comunicación. Sin embargo, a medida que iban creciendo estos grupos y se reducía el tiempo dedicado a cada interacción, disminuía el número de canales de comunicación, y el lenguaje hablado acabó imponiéndose como principal canal de comunicación entre personas que se encontraban ocasionalmente y durante periodos breves, debido sobre todo a que permite transmitir conceptos con relativa precisión. Con el tiempo, al ir creciendo aun más las redes de comunicación, la necesidad de evitar malentendidos y errores debe de haber influido sobre el propio lenguaje, con lo que las comunidades en cuestión tuvieron que desarrollar medios de expresión cada vez más precisos y rápidos. En mi opinión, esta influencia se manifiesta en la proliferación de conceptos (categorías) cada vez más abundantes y concretos en todos los niveles de abstracción, lo que ha reducido el número de dimensiones en las que se pueden interpretar estos conceptos. La abundancia de significados asociados en distintos contextos a palabras o a raíces léxicas comunes, según puede verse en cualquier diccionario etimológico, da fe de este proceso, al igual que la proliferación de categorías de artefactos a lo largo del tiempo con funciones cada vez más precisas y limitadas. Simultáneamente, el propio incremento en el número de niveles de abstracción ha compensado esta fragmentación, de manera que aún encontramos formas de agrupar estos conceptos cada vez más concretos mediante dimensiones transversales. La *información* no es más que una de las últimas grandes abstracciones que se han introducido.

En la ciencia occidental hemos asistido a un proceso similar de fragmentación al menos desde el siglo XIV por motivos muy similares (véase Evernden, 1992). A lo largo de estos siglos, la ciencia ha hecho hincapié en la necesidad de consolidar en la medida de lo posible la relación entre las observaciones y las interpretaciones, y por tanto entre la esfera de lo real, con su número infinito de dimensiones, y la de las ideas, en la que solo se aprehende un número limitado

“A lo largo de estos siglos, la ciencia ha hecho hincapié en la necesidad de consolidar en la medida de lo posible la relación entre las observaciones y las interpretaciones, y por tanto entre la esfera de lo real, con su número infinito de dimensiones, y la de las ideas, en la que sólo se aprehende un número limitado de dimensiones”

de dimensiones. Así pues, numerosas explicaciones científicas han consistido en reducir el elevado número de dimensiones involucradas en los procesos observados a uno mucho más reducido que fuera controlable para el cerebro humano (individual o colectivo) y que por tanto pudiera tomar la forma de una narración coherente y comprensible. De ahí que esta ciencia fuera generalmente *reduccionista*. Consecuencia de ello es el hecho de que, sobre todo en las ciencias empíricas, todo fenómeno complejo se *desglosara* en sus elementos constituyentes con la esperanza de que, una vez explicados dichos componentes, estos pudieran aglutinarse para explicar el fenómeno en su conjunto y con toda su complejidad. Esto dio lugar al mismo tipo de *fragmentación* que se ha producido en los lenguajes en general, algo que se puede apreciar sobre todo en la actual división de los estudios humanos en disciplinas, subdisciplinas,

especializaciones y demás, cada una de ellas practicada por una comunidad que ha desarrollado epistemologías, perspectivas, argots, conceptos, métodos, técnicas y valores propios.

Vemos ahora que la fragmentación constituye uno de los principales obstáculos a la hora de intentar captar toda la complejidad de los procesos que se producen a nuestro alrededor. Es más, las interpretaciones han vinculado los fenómenos investigados a procesos anteriores en el tiempo en los que se han observado dichos fenómenos, en lugar de relacionarlos con lo que aún está por venir (y que por tanto no se ha podido observar). Así pues, el razonamiento científico se ha centrado en la explicación de fenómenos existentes en términos de *cadena de causa y efecto*, y (mucho después) en bucles de realimentación, relacionando en ambos casos el avance de los procesos a lo largo del tiempo con la trayectoria precedente. En particular, se ha hecho hincapié en la reflexión acerca de los *orígenes* en lugar de en la *emergencia*, en la *realimentación* más que en la *prealimentación*, en *aprender del pasado* en lugar de *prever el futuro*. De ahí que no nos sorprenda que *pensar en el futuro* —al margen de si lo denominamos futurología, pronósticos, previsión de situaciones o visión de futuro— sea en realidad una actividad *hijastra* en nuestras actuales instituciones académicas e investigadoras, y que principalmente se lleve a cabo en empresas o gobiernos.

Como resultado de estas tendencias, tanto en la comunicación y la cultura como en la investigación científica que caracteriza a nuestras sociedades, hemos llegado a un punto en el que las consecuencias imprevistas de nuestras intervenciones en el entorno amenazan con superarnos debido a su complejidad. En la dinámica de nuestro entorno sicionatural intervienen tantas dimensiones desconocidas que cada vez tenemos más la sensación de que no somos capaces de entender, limitar o controlar sus efectos. Esa sensación se experimenta como una *crisis* y la encontramos con una frecuencia creciente, ya sea en el ámbito económico, en la seguridad

alimentaria, en los peligros naturales, en la seguridad de nuestras sociedades frente al terrorismo o en otras actividades destructivas.

Podríamos definir tales *crisis* como la incapacidad temporal por parte de nuestra sociedad de procesar la información necesaria para afrontar adecuadamente la dinámica externa e interna en la que participa. Desde nuestro punto de vista, esta incapacidad resulta del hecho de que la diferencia entre el número de dimensiones que ha aprehendido la sociedad y las que desempeñan un papel en la dinámica sociocultural en la que está inmersa está superando un umbral a partir del cual el primero es inadecuado para abordar el último. En el camino hacia ese umbral, existe una clara señal de advertencia en el hecho de que la sociedad padece un *cortoplacismo* cada vez mayor, es decir, que se centra en los desafíos inmediatos que se va encontrando sin tener en cuenta los procesos a largo plazo, o, dicho con otras palabras, en el hecho de que la táctica haya llegado a prevalecer sobre la estrategia en buena parte de las decisiones que se toman.

El principal obstáculo parece ser la necesidad de buscar maneras de transformar las lecciones aprendidas *del* pasado en lecciones *para* el futuro. Con este fin, es necesario idear argumentos coherentes —y, en la medida de lo posible, falsables, en el sentido que apuntaba Popper (1959)— desde lo simple hasta lo complicado para así prever mejor las consecuencias complejas de nuestras acciones. Esto nos permitiría volver a centrarnos en el largo plazo, en el pensamiento estratégico y en una visión holística que favorezca la fusión intelectual entre distintas comunidades y puntos de vista científicos. Para ello, es crucial que adquiramos la capacidad de incrementar, en lugar de reducir, el número de dimensiones que podemos captar al objeto de comprender fenómenos complejos, de manera que conozcamos mejor las consecuencias de nuestras acciones al poder tener en cuenta más dimensiones en nuestros procesos decisorios sobre las intervenciones en el entorno.

CONCLUSIÓN: ¿HAY SALIDA?

Inicialmente parece como si nuestra tradición intelectual y científica, el tamaño de nuestra población interactiva, las características de muchos de nuestros lenguajes, la subdeterminación de nuestras teorías por nuestras observaciones (véanse Atlan, 1992 y Van der Leeuw) y las limitaciones de nuestra memoria operativa a corto plazo constituyesen sendos retos para nuestra capacidad de cambiar esencialmente la naturaleza de nuestro pensamiento y, más específicamente, para nuestra capacidad de centrarnos de forma explícita en el futuro y de extrapolar nuevas dimensiones a partir de las que ya conocemos en cualquier punto concreto del tiempo. Sin embargo, existen numerosos ejemplos de individuos o de grupos (reducidos) de personas que sí lo han conseguido con cierto éxito, desde filósofos de la Grecia clásica, pasando por Leonardo da Vinci, hasta escritores de ciencia-ficción de los siglos XVIII y XIX, como Julio Verne o Paul Deleutre³. Han sido capaces de diseñar utopías o de realizar una extrapolación positiva al futuro a partir de sus observaciones cotidianas, aunque algunas de sus ideas no se llevaran a la práctica jamás o quizás años o incluso siglos más tarde. Los inventores también han sido capaces de anticiparse, y la mayoría de nosotros invocamos a nuestra *intuición* cuando necesitamos hacerlo.

Asimismo, podemos hablar de algunos (tímidos) pasos hacia una tendencia mayor en esta dirección. En estos últimos veinticinco años, la ciencia reduccionista, fragmentada y *explicativa* surgida de estas tendencias ha recibido ataques crecientes desde la teoría de los *sistemas complejos* que apareció en la década de 1980 (por ejemplo, Mitchell, 2009). Según dicha teoría, para obtener una representación realista de la realidad es necesario estudiar la emergencia, ejercer la prealimentación y desarrollar una perspectiva generativa para la cual resulta esencial ampliar el número de dimensiones aprehendidas. En otros sectores, la *visión de futuro* se está extendiendo desde el campo relativamente limitado

³ Bajo el seudónimo «Paul d'Ivoi», este escritor francés se adelantó al concepto de las telecomunicaciones modernas (sistemas inalámbricos y televisión).

de los sistemas de apoyo a las decisiones industriales y económicas hacia los profesionales académicos, que en realidad profundizan en los retos epistemológicos y de otros tipos que hay que resolver para que florezca este tipo de ciencia (Wilkinson y Eidinow, 2008; Selin, 2006). Además, por todas partes, bajo la presión que suponen los retos medioambientales del siglo XXI, la comunidad científica está empezando a adelantarse a las *consecuencias imprevistas* y a lo que estas pueden implicar para los desafíos del futuro (por ejemplo, Ostrom, 2009). Esto parece indicar que la tendencia actual se debe más a un exceso de inversión en el viejo planteamiento reduccionista que a otros aspectos más fundamentales, y que, al menos en teoría, deberíamos ser capaces de superar nuestra incapacidad relativa para abordar las complejidades de la dinámica en la que estamos inmersos.

Superación de las limitaciones de la MOCP humana

Aunque no sea en absoluto experto en la materia, tengo la impresión de que la revolución de las tecnologías de la comunicación y de la información ha creado las condiciones adecuadas para que podamos superar las limitaciones en cuanto a capacidad cognitiva inherentes a nuestra memoria operativa a corto plazo. Los ordenadores actuales disponen de hecho de la capacidad necesaria para manejar un número casi ilimitado de dimensiones y de fuentes de información en tiempo real, y así superar lo que, a simple vista, parecía el mayor de los obstáculos antes mencionados. Pero esa capacidad no se ha explotado plenamente debido a nuestra larga y ubicua tradición científica e intelectual, que ha hecho hincapié en el uso de esa clase de equipos en el marco del proceso de reducción de dimensiones que proporciona explicaciones aceptables, en lugar de como herramientas para incrementar el número de dimensiones estudiadas con el fin de comprender fenómenos complicados. Esto está cambiando claramente por influencia de la ciencia de los sistemas complejos

—como puede verse, por ejemplo, en el mayor uso de modelos basados en agentes con numerosas dimensiones—, pero aún queda mucho por hacer, sobre todo en cuanto al desarrollo de instrumentos conceptuales y matemáticos y de un *software* adecuado.

Superación de la subdeterminación de nuestras teorías por las observaciones

De modo similar, y con la misma advertencia de que no soy profesional de este ámbito, parece que la recientísima revolución que se ha producido en la capacidad de las tecnologías de la información para supervisar continuamente procesos en línea y para manejar y almacenar el aumento exponencial de los flujos de datos que genera dicha supervisión, apunta hacia el hecho de que tal vez estemos próximos (al menos en parte) a superar la subdeterminación de nuestras teorías por nuestras observaciones debida a las prácticas científicas tradicionales de reducción dimensional (Atlan, 1992). La disminución del tamaño y del coste del equipo de supervisión está poniendo a nuestro alcance con rapidez todo este conjunto masivo de datos. Simultáneamente, el desarrollo de las nuevas técnicas de minería de datos nos está ayudando a encontrar sentido a la información recopilada, o al menos a seleccionar los datos susceptibles de análisis con el fin de fundamentar mejor nuestras teorías.

Transformación de nuestra tradición científica e intelectual

Aunque no soy de los que se deja encandilar fácilmente por las panaceas, estoy convencido de que el planteamiento de los sistemas complejos (adaptativos) constituye un primer paso de utilidad para transformar radicalmente nuestra tradición científica e intelectual, avanzando desde el estudio del estancamiento y la preferencia por las explicaciones simples frente a las complejas hacia el análisis de las dinámicas, poniendo el énfasis en la emergencia y en la inversión de la navaja de Occam incrementando el número de dimensiones que se toman en consideración.

Es obvio que aún tenemos mucho camino por delante en este ámbito, pero los rápidos e importantes avances que se están produciendo en ciertos campos, como la física, la biología y la economía, unidos a la rápida y reciente difusión de este enfoque desde universidades repartidas por todo el mundo y a la consciencia cada vez mayor de la necesidad de planteamientos más holísticos en terrenos como la sostenibilidad y la salud, me infunden un optimismo moderado sobre las posibilidades que tenemos de transformar nuestra tradición científica e intelectual.

El desafío de la comunicación

El desafío subyacente de la comunicación consiste en cómo comunicarse de formas no lineales y mediante el lenguaje escrito o hablado con un número cada vez mayor de colaboradores situados a distancias muy variables. Esta es la tendencia que, en mi opinión, ha sido la responsable de la evolución específica antes mencionada: conceptos cada vez más circunscritos y la consiguiente fragmentación de nuestra visión del mundo. A diferencia de algunos, no creo que el lenguaje esté experimentando un cambio deliberado: se adapta a las necesidades y a las ideas humanas mediante un proceso ascendente. Pero aunque se pudiera transformar nuestra manera de hablar y de escribir, seguiríamos disponiendo de un instrumento de comunicación básicamente lineal. La cuestión es, por tanto, si las formas radicalmente distintas de comunicarse de manera interactiva que nos proporcionan las modernas tecnologías de la comunicación, y en particular la acumulación colectiva de conocimientos multimedia, como sucede con Web 2.0, nos permitirán comunicarnos de forma no lineal y en más dimensiones. Esto requeriría el uso dirigido de material visual, que generalmente permite transmitir a la vez más dimensiones que el lenguaje hablado o escrito.

La transformación de nuestro pensamiento

El pensamiento reduccionista al que me estoy refiriendo está tan fuertemente interiorizado y

extendido en nuestra cultura y en nuestros tipos de ciencia que será necesario un gran esfuerzo para modificarlo. Nuestra visión del mundo, nuestro lenguaje, nuestras instituciones, todo actúa en contra de dicho cambio y, lo que es más importante, por el momento carecemos de una manera de pensar alternativa coherente con la que poder contrarrestar nuestra ciencia actual. Con mucho, para mí el principal problema desde el punto de vista del capital y del esfuerzo humano y económico reside, por tanto, en la esfera de la educación, desde la primera infancia y pasando por la universidad hasta la edad adulta. Por encima de todo, el sistema educativo actual en el mundo desarrollado ha dejado de estar adaptado a los desafíos del siglo XXI, entre los cuales destaca considerablemente la sostenibilidad. Tenemos que pasar de la obtención de conocimientos orientada a una investigación basada en las preguntas hacia una educación centrada en los desafíos que contribuya a subsanar retos importantes, es decir, desde la *explicación lineal* en términos de causa y efecto hasta la *proyección multidimensional* en términos de alternativas; o, lo que es lo mismo, desde la enseñanza de uno a muchos, en la que un instructor dice a los alumnos lo que tienen que hacer, lo que está bien y lo que está mal, hasta un aprendizaje de muchos a muchos en el que interactúen, aprendan y enseñen instructores y estudiantes. Al mismo tiempo, debemos crear sistemas educativos que fomenten el desarrollo de la creatividad, la asunción de riesgos y la diversidad en lugar de la conformidad y la aversión al riesgo. Para ello debemos aprovechar los medios antes mencionados, pero por encima de todo tenemos que flexibilizar nuestras mentes para pensar de formas nuevas e inéditas. Un obstáculo para ello es el hecho de que la economía, las estructuras de las carreras, las evaluaciones, el impulso disciplinario y muchos otros factores y dinámicas suponen un lastre para lograr el éxito en este sentido. Queda por tanto mucho camino que recorrer.

BIBLIOGRAFÍA

- ALP, I. E. (1994), «Measuring the size of working memory in very young children: the imitation sorting task», *International Journal of Behavioral Development* 17, pp. 125-141.
- ATLAN, H. (1992), «Self-organizing networks: weak, strong and intentional. The role of their underdetermination», *La Nuova Critica*, N. S., 19-20(1/2), pp. 51-70.
- BATESON, G. (1972), *Steps to an Ecology of Mind*, Nueva York: Ballantine.
- BETTENCOURT, L. M. A., J. LOBO, D. HELBING, C. KÜHNERT, G. B. WEST (2007) «Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104(17), pp. 7301-7306.
- BOYD, R., y P. J. RICHESON (1985), *Culture and the Evolutionary Process*, Chicago: University of Chicago Press.
- CARLSON, S. M., L. J. MOSES y C. BRETON (2002), «How specific is the relation between executive function and theory of mind? Contributions of inhibitory control and working memory», *Infant Child Development* 11, pp. 73-92.
- CORRÉA, L. M. S. (1995), «An alternative assessment of children's comprehension of relative clauses», *Journal of Psycholinguistic Research* 24, pp. 183-203.
- CRONON, W. (1983), *Changes in the Land: Indians, colonists, and the ecology of New England*, Nueva York: Hill and Wang.
- DIAMOND, A., y B. DOAR (1989), «The performance of human infants on a measure of frontal cortex function, the delayed-response task», *Developmental Psychobiology* 22, pp. 271-294.
- EPSTEIN, H. T. (2002), «Evolution of the reasoning brain», *Behavioral Brain Science* 25, pp. 408-409.
- EVERNDEN, N. (1992), *The Social Creation of Nature*, Baltimore: Johns Hopkins Press.
- JOHNSON, J., V. FABIAN y J. PASCUAL-LEONE (1989), «Quantitative hardware stages that constrain language development», *Human Development* 32, pp. 245-271.
- KEMPS, E., S. DE RAMMELAERE y T. DESMET (2000), «The development of working memory: exploring the complementarity of two models», *Journal of Experimental Psychology* 77, pp. 89-109.
- KIDD, E. y E. L. BAVIN (2002), «English-speaking children's comprehension of relative clauses: evidence for general – cognitive and language-specific constraints on development», *Journal of Psycholinguistic Research* 31, pp. 599-617.
- LANE, D., R. MAXFIELD, D. W. READ y S. E. VAN DER LEEUW (2009), «From Population thinking to Organization thinking», en D. Lane, D. Pumain, S. E. van der Leeuw y G. West (eds.), *Complexity Perspectives on Innovation and Social Change*, pp. 11-42, Berlín: Springer (serie Methodos).
- LUCIANA, M., y C. A. NELSON (1998), «The functional emergence of prefrontally-guided working memory systems in four-to-eight-year old children», *Neuropsychologia* 36, pp. 273-293.
- MARTIN, R. D. (1981), «Relative brain size and basal metabolic rate in terrestrial vertebrates», *Nature* 293, pp. 57-60.
- MITCHELL, M. (2009), *Complexity: a guided tour*, Nueva York: Oxford University Press.
- OSTROM, E. (2009), «A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems», *Science* 325 (5939), pp. 419-422.
- PIGEOT, N. (1991), «Reflexions sur l'histoire technique de l'homme: De l'évolution cognitive à l'évolution culturelle», *Paléo* 3, pp. 167-200.
- POPPER, K. (1959), *The logic of scientific discovery*, Londres: Hutchinson.
- READ, D. W., D. A. LANE, y S. E. VAN DER LEEUW (2009), «The innovation innovation», en D. A. Lane, D. Pumain, S. E. van der Leeuw, G. West (eds.), *Complexity perspectives on innovation and social change*, Berlín: Springer Verlag.
- READ, D. W., y S. E. VAN DER LEEUW (2008), «Biology Is Only Part Of The Story...», *Philosophical Transactions of the Royal Society, Series B* 363, pp. 1959-1968.
- READ, D. W., y S. E. VAN DER LEEUW (2009), «Biology Is Only Part Of The Story...», en A. C. Renfrew y L. Malafouris, (eds.), *Sapient Mind*, Oxford: Oxford University Press, pp. 33-49.
- RIGHTMIRE, G. P. (2004), «Brain size and encephalization in Early to Mid-Pleistocene Homo», *American Journal of Physical Anthropology* 124, pp. 109-123.
- RUFF, C. B., E. TRINKHAUS y T. W. HOLLIDAY (1997), «Body mass and encephalization in Pleistocene Homo», *Nature* 387, pp. 173-176.
- SELIN, C. (2006), «Trust and the Illusive Force of Scenarios», *Futures* 38(1), pp. 1-14.
- SHANNON, C. E., y W. WEAVER (1948), «A mathematical theory of communication», *Bell System Technical Journal* 27, pp. 379-423 y 623-656.
- SIEGEL, L. S., y E. B. RYAN (1989), «The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children», *Child Development* 60, pp. 973-980.
- TAINTER, J. A. (1988), *The Collapse of Ancient Societies*, Cambridge: Cambridge University Press.
- VAN DER LEEUW, S. E. (1986), «On settling down and becoming a "big-man"», en M. A. van Bakel, R. R. Hagesteijn y P. van de Velde (eds.), *Private Politics: a multi-disciplinary approach to 'Big-Man' systems*, Leiden: Brill Academic Publishers, pp. 33-47.
- VAN DER LEEUW, S. E. (1990), «Archaeology, Material Culture and Innovation», *SubStance* 62-63, pp. 92-109.
- VAN DER LEEUW, S. E. (2000), «Making tools from stone and clay», en A. Anderson y T. Murray (eds.), *Australian archaeologist: Collected papers in honour of Jim Allen*, Coombs: Academic Publishing.
- VAN DER LEEUW, S. E. (2007), «Information processing and its role in the rise of the European world system», en R. Costanza, L. J. Graumlich y W. Steffen (eds.), *Sustainability or collapse?*, Cambridge, MA: The MIT Press (Dahlem Workshop Reports), pp. 213-241.
- WILKINSON, A. y E. EIDINOW (2008), «Evolving practices in environmental scenarios: a new scenario typology», *Environmental Research Letters* 3(4) 045017.

BBVA

Innovación: es un hecho generalmente aceptado que la ciencia conforma la tecnología, pero ¿eso es todo?

Nathan Rosenberg
Stanford University
Stanford Institute
for Economic Policy Research

Para no prolongar el suspense, adelantaré que la respuesta correcta a la pregunta del subtítulo de este artículo es la obvia: la causalidad se da en los dos sentidos. Pero mi objetivo es convencer al lector de que la causalidad que va de la tecnología a la ciencia es mucho más intensa de lo que normalmente se cree.

El razonamiento es sencillo: una economía de mercado genera importantes incentivos para llevar a cabo ciertos tipos de investigaciones científicas. Esto se debe a que los posibles hallazgos de esas investigaciones se pueden emplear para mejorar el rendimiento o reducir el coste de algunas tecnologías que son vitales para el éxito competitivo de ciertas empresas con ánimo de lucro. Además, en mi opinión, a lo largo del siglo XX han confluído grandes fuerzas que han multiplicado las formas en las que los cambios del ámbito tecnológico han engendrado cambios en los distintos campos de la ciencia. Me gustaría llamar la atención del lector sobre algunas de las transformaciones más importantes experimentadas desde el punto de vista organizativo y de los incentivos, cuyo efecto ha sido una intensificación de las fuerzas causales que fluyen de la tecnología a la ciencia.

Para ello, necesito recurrir en este artículo a un término especializado: emplearé el vocablo *endógeno* desde la perspectiva del economista y

no desde la del científico. Así pues, cuando hablemos de la naturaleza endógena de la ciencia, nos referiremos a la medida en que el progreso científico se ha visto directamente influenciado por el funcionamiento de las fuerzas normales del mercado. La justificación para este uso es que a lo largo de este ensayo trataremos de identificar aquellas fuerzas surgidas en el transcurso del siglo XX que han hecho que la investigación científica sea más sensible a los incentivos económicos.

Permítaseme subrayar un matiz fundamental en este análisis: no estoy sugiriendo de forma implícita que el respaldo financiero a la investigación científica del país deba quedar en manos del mercado. Solo pretendo poner de manifiesto el funcionamiento de algunas fuerzas del mercado cuyo papel en el fomento de la investigación científica ha ido en aumento. Creo que estos avances han sido cruciales para la rápida expansión de la industria norteamericana, lo que no equivale en absoluto a insinuar que las fuerzas del mercado, por sí solas, hayan bastado.

LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN CORPORATIVOS

Para articular la proposición de que a lo largo del siglo XX la investigación científica se volvió más y más endógena, debemos comenzar por el análisis de una innovación organizativa

“Una economía de mercado genera importantes incentivos para llevar a cabo ciertos tipos de investigaciones científicas. Esto se debe a que los posibles hallazgos de esas investigaciones se pueden emplear para mejorar el rendimiento o reducir el coste de algunas tecnologías que son vitales para el éxito competitivo de ciertas empresas con ánimo de lucro”

fundamental: el laboratorio de investigación industrial. Fueron estos laboratorios corporativos los que determinaron el alcance del impacto de las necesidades de la economía general en las actividades de la comunidad científica. Pero esta afirmación, por sí sola, no basta para describir el fenómeno. La razón es que, para funcionar con eficacia, esos laboratorios de investigación dependían a su vez de una red de instituciones, entre las que destacan las universidades y la investigación que se desarrollaba en ellas. Antes de la Segunda Guerra Mundial, la investigación universitaria tenía una fuerte dependencia financiera de instituciones filantrópicas privadas como las fundaciones Rockefeller, Guggenheim y Carnegie. Por otra parte, en el periodo anterior a la guerra, las universidades contaban a menudo con el respaldo financiero de la industria

local para desarrollar ciertas clases de investigación, casi siempre de naturaleza aplicada. Esta situación se daba, muy especialmente, en las universidades estatales, en las que era esencial demostrar que se ayudaba a la industria (agricultura, minería, ferrocarril) local a fin de justificar la carga impositiva que estos centros generaban para los ciudadanos de los distintos estados. De hecho, salvo raras excepciones, los fondos reunidos por los gobiernos estatales se destinaban en su mayoría a la enseñanza y no a la investigación.

Esta situación cambió radicalmente tras la Segunda Guerra Mundial, cuando el gobierno federal se convirtió en el principal patrocinador de la investigación científica y las universidades pasaron a ser el motor fundamental de esa investigación. Es importante señalar que la concentración de investigación científica básica en la comunidad universitaria en la que, justo es reconocerlo, ha prosperado, es un esquema organizativo casi exclusivo de Estados Unidos. A diferencia de lo que ocurre en Europa occidental, donde la investigación básica se concentra en los laboratorios gubernamentales (Max Planck, CNRS), los laboratorios federales de Estados Unidos están detrás de menos del 10% de la investigación básica (9,1% a mediados de los años noventa).

Otro rasgo distintivo de gran relevancia en Estados Unidos es el profundo compromiso de la industria privada con la investigación científica que la National Science Foundation (NSF) define como básica. La industria privada llevó a cabo algo más del 30% de la investigación básica desarrollada en el año 2000 (es probable que esta tendencia se haya reducido ligeramente en los últimos años). Aunque uno de los últimos recuentos realizados arrojaba un total aproximado de 16.000 compañías privadas que disponían de laboratorios corporativos propios, una amplia mayoría de esas empresas se dedica principalmente a la investigación aplicada. Solo en un número muy reducido de ellas tiene cabida la investigación básica. No obstante,

con el tiempo, algunos de estos laboratorios corporativos —como General Electric, IBM y, sobre todo, Bell Labs antes de su separación de AT&T en 1984— han realizado investigación que no se puede considerar sino fundamental. Son varios los investigadores de diversos laboratorios corporativos que han ganado premios Nobel. Un ejemplo es el de Jack Kilby, de Texas Instruments, galardonado en el año 2000 con el Nobel de Física por las investigaciones que llevaron al desarrollo del circuito integrado. La investigación de Kilby recibió apoyo financiero del gobierno federal.

Dicho esto, es esencial entender que las actividades investigadoras de los laboratorios industriales no se deben evaluar —algo que a menudo hacen los estudiosos— usando los criterios académicos habituales, como las publicaciones en revistas profesionales de prestigio o la obtención de premios Nobel. El propósito de estos laboratorios es bien distinto. El laboratorio industrial es en esencia una innovación institucional de origen alemán cuya agenda de investigación viene definida en buena medida por las necesidades a corto plazo, aunque también, en unos pocos casos destacados, por las estrategias que las firmas industriales desarrollan más a largo plazo. En el ámbito industrial, la función asignada a los científicos corporativos es mejorar el rendimiento de sus empresas en el competitivo contexto de los sectores de la economía dedicados, sobre todo, a la alta tecnología. Así, el logro fundamental del crecimiento del laboratorio industrial americano a lo largo del siglo xx ha sido someter la ciencia, cada vez más, a criterios comerciales. Y al hacerlo la ha transformado en una actividad cuyas líneas de desarrollo se han plegado progresivamente a las fuerzas económicas y se han concentrado en la consecución de objetivos económicos, lo que equivale a decir que estas investigaciones científicas deben considerarse predominantemente endógenas.

Otra función estratégica de los laboratorios corporativos se deriva del hecho de que una empresa no puede supervisar y evaluar con eficacia

los hallazgos y las posibles implicaciones del enorme volumen de investigación que se desarrolla en la universidad si no cuenta con los medios internos necesarios para hacerlo. Este es un factor crucial cuya importancia no podemos dejar de subrayar. En las sociedades industriales avanzadas, anegadas actualmente por el flujo de información procedente no solo de las universidades, sino también de las publicaciones profesionales que se acumulan en las estanterías de las bibliotecas, y del obtenido en formato electrónico a través de motores de búsqueda de Internet como Yahoo y Google, sacar partido de este vasto flujo de información exige una capacidad interna que, normalmente, solo pueden aportar los científicos de las propias empresas. De hecho, los excepcionales éxitos comerciales que Estados Unidos ha conocido en los mercados de la alta tecnología en los últimos cincuenta años deben mucho a estas aptitudes internas existentes en el sector privado. Los científicos industriales han desempeñado un papel crítico en la transferencia del conocimiento potencialmente útil generado por la investigación universitaria no solo por su competencia científica, sino también por su clara visión de las prioridades comerciales y las capacidades tecnológicas de sus empresas (Rosenberg, 1990, 2002; Mowery y Rosenberg, 1998).

INFLUENCIA DE LAS DISCIPLINAS DE LA INGENIERÍA EN LA CIENCIA

Me gustaría analizar a continuación otra fuerza que ha sido esencial en el avance de la naturaleza endógena de la ciencia a lo largo del siglo xx. Empezaré planteando una pregunta: ¿cuál ha sido el papel desempeñado por las disciplinas de la ingeniería en la definición de la agenda científica de las empresas privadas? Permítanme responder ofreciendo en primer lugar una aclaración. Es habitual clasificar las distintas disciplinas de la ingeniería como ciencia aplicada. Esta es, en mi opinión, una definición extremadamente engañosa. Un análisis más concienzudo de los vínculos existentes entre la

ciencia y la tecnología sugiere que la disposición de las empresas con ánimo de lucro a invertir fondos en la investigación científica está muy influida por la perspectiva de transformar los hallazgos de esa investigación en productos acabados que se puedan comercializar. El desarrollo real de la investigación científica no se aborda con objetivos demasiado precisos en mente, sino más bien con la confianza reforzada de que, sean cuales sean esos descubrimientos científicos, una mayor capacidad de ingeniería incrementará considerablemente la probabilidad de que los hallazgos se puedan emplear para llevar hasta el mercado productos nuevos o mejorados.

Desde este punto de vista, hay un sentido en el que un economista podría argumentar seriamente que la ciencia química se debe considerar una aplicación de la ingeniería química. Dicho de otra forma, la creciente complejidad de las disciplinas de la ingeniería ha tenido como resultado un fortalecimiento de la naturaleza endógena de la ciencia. No me gustaría que este punto pareciera demasiado paradójico. Lo que pretendo sugerir es que la voluntad de la industria privada de invertir recursos financieros en investigaciones científicas de larga duración se ha visto en buena medida reforzada por el progreso de las disciplinas de la ingeniería relacionadas con ellas. Este progreso aumenta la confianza que los responsables de las decisiones corporativas tienen en que, con el tiempo, se encontrarán usos rentables para los hallazgos de la investigación básica.

Este argumento parece particularmente pertinente en el caso de la química de polímeros, un campo inaugurado por las investigaciones que Staudinger, Meyer y Mark llevaron a cabo en Alemania en la década de 1920. Al menos en Estados Unidos, la química de polímeros es un campo dominado desde hace tiempo por la comunidad investigadora industrial. Las contribuciones fundamentales a la investigación de la química de polímeros desarrolladas por Wallace Carothers en Du Pont desde 1928 debieron mucho a la madurez ganada desde unos diez años

antes por la ingeniería química, una disciplina de la ingeniería a la que Du Pont ha realizado aportaciones importantes (véase Hounshell y Smith). Los hallazgos de las investigaciones de Carothers llevaron directamente al descubrimiento del nailon, la primera de una larga serie de fibras sintéticas que dio pie a un subsector totalmente nuevo de la industria petroquímica tras la Segunda Guerra Mundial. Pero es dudoso que Du Pont se hubiera implicado inicialmente en las carísimas investigaciones fundamentales de Carothers en el campo de la química de polímeros si los progresos experimentados por la ingeniería química durante la década anterior a 1928 no se hubieran producido. Así pues, el progreso en el nivel tecnológico (ingeniería química) fue fortaleciendo la disposición a invertir dinero en la ciencia, algo que en mi opinión supuso un paso adelante en la naturaleza endógena de esta (Rosenberg 1998).

Permítanme esbozar los pasos intermedios que sustentan mi argumento. La ingeniería química dio sus primeros pasos en la segunda y la tercera década del siglo XX, fundamentalmente en el MIT (Massachusetts Institute of Technology), en respuesta a la espectacular expansión de la industria automovilística y a la voraz demanda de productos químicos refinados (sobre todo, claro está, gasolina de alto octanaje) que tuvo lugar en paralelo al crecimiento del sector. La escala de ese crecimiento queda reflejada en las siguientes cifras: en 1900, la industria automovilística era tan insignificante que la oficina del censo clasificaba los coches en la categoría «Varios» (aquel año había solo 8.000 vehículos registrados en Estados Unidos). En 1925, el sector automovilístico había crecido hasta el punto de convertirse en la industria de fabricación más grande de todo el país (medida según el valor añadido).

Fue el crecimiento del sector de la automoción lo que dio pie a la disciplina de la ingeniería química. Durante la década de 1920 y el periodo posterior, los ingenieros químicos hicieron que la industria de refinado del petróleo pasara de una producción por lotes de pequeña escala a

un procesamiento ininterrumpido con una escala considerablemente superior. Para lograrlo, la disciplina emergente de la ingeniería química desarrolló un nuevo marco conceptual dentro del cual resultaba posible introducir metodologías y conceptos científicos como el flujo de fluidos (dinámica de fluidos), la transferencia de calor y, en los años treinta, la omnipresente y pujante termodinámica. En otras palabras: el diseño de las plantas de procesos químicos tenía ahora un alto número de campos científicos diferentes a los que recurrir. Así pues, fue el establecimiento de una nueva disciplina de la ingeniería, en respuesta a la rápida expansión de una nueva tecnología de transporte, lo que a su vez sentó las bases de la rentabilidad de la investigación científica, no solo en Du Pont y en las refinerías de petróleo, sino también en una amplia gama de industrias que también daban uso a las plantas de procesos químicos. No olvidemos la enorme proliferación de plantas de procesos químicos que se registró a lo largo del siglo XX. Se podían encontrar grandes plantas químicas en sectores como el refinado de petróleo, el caucho, el cuero, el carbón (plantas de destilación de productos derivados), el procesamiento de alimentos, el refinado de azúcar, los explosivos, la cerámica y el vidrio, el papel y la pasta de papel, el cemento y la industria metalúrgica (aluminio, hierro y acero, entre otros).

LOS NUEVOS PRODUCTOS Y SU EFECTO SOBRE LA CIENCIA

La siguiente observación relacionada con la naturaleza crecientemente endógena de la investigación científica va más allá del papel desempeñado por las disciplinas de la ingeniería en el fortalecimiento de los incentivos privados a la investigación científica. El razonamiento en este caso es que el desarrollo de un nuevo *producto* al que se le presupone un gran potencial comercial puede proporcionar —y de hecho *ha* proporcionado en muchos casos— un importante estímulo para la investigación científica. Esta proposición solo sorprende si ya se ha aceptado

“El desarrollo real de la investigación científica no se aborda con objetivos demasiado precisos en mente, sino más bien con la confianza reforzada de que, sean cuales sean esos descubrimientos científicos, una mayor capacidad de ingeniería incrementará considerablemente la probabilidad de que los hallazgos se puedan emplear para llevar hasta el mercado productos nuevos o mejorados”

una visión del proceso de innovación lineal, rígida y excesivamente simplista que dé por hecho que la causalidad va siempre de la investigación científica *precedente* al diseño de productos y el desarrollo de ingeniería subsiguientes. En realidad, aquí entra en juego una sencilla explicación endógena: un gran avance tecnológico suele emitir una señal clara de que se ha abierto un nuevo conjunto de oportunidades lucrativas en una ubicación bien definida. En consecuencia, se entiende que una investigación científica que propicie otras mejoras de esa nueva tecnología puede resultar muy rentable.

Los problemas experimentados por las tecnologías industriales complejas, junto con las observaciones anómalas y las dificultades

inesperadas, se han convertido en poderosos estímulos para gran parte de la investigación científica fructífera desarrollada en la comunidad académica y en el laboratorio de investigación industrial. Con ello, la capacidad de respuesta de la investigación científica a las necesidades económicas y las oportunidades tecnológicas se ha visto considerablemente reforzada.

Este fenómeno quedó claramente demostrado con la llegada del transistor, cuyo descubrimiento fue anunciado por Bell Labs en el verano de 1948. Una década después de aquel suceso, la física del estado sólido, que hasta entonces había atraído la atención de un pequeño número de investigadores y que ni siquiera se enseñaba en la mayoría de las universidades americanas (principalmente el MIT, Princeton y el California Institute of Technology), se había transformado en la mayor subdisciplina de la física. Fue el desarrollo del transistor lo que cambió aquella situación al disparar la rentabilidad financiera potencial de la investigación en el campo del estado sólido. J. A. Morton, que dirigió el grupo de desarrollo fundamental creado en Bell Labs tras la invención del transistor, señaló que a finales de la década de 1940 era extremadamente difícil contratar personal con conocimientos de física del estado sólido. Además, es importante subrayar que, tanto en la comunidad universitaria como en la industria privada, la rápida movilización de recursos intelectuales para realizar investigación en el ámbito del estado sólido se dio justo *después* del anuncio de los trascendentales hallazgos de Shockley y su equipo de investigación en Bell Labs. Una prueba firme de esta interpretación puede encontrarse en el hecho de que el número de publicaciones sobre física de semiconductores pasara de menos de veinticinco al año antes de 1948 a más de seiscientas anuales a mediados de los cincuenta (según datos de Herring en un manuscrito sin publicar).

La cronología de los hechos que se acaban de relatar es esencial para mi argumento. La tecnología del transistor no fue la consecuencia final de una enorme acumulación anterior de

recursos dedicados a la física del estado sólido, aunque no podemos negar que algunos de los físicos más creativos del siglo xx llevaban tiempo invirtiendo sus considerables energías en esta materia. Por el contrario, fue el descubrimiento inicial del transistor como componente funcional lo que puso en marcha el amplio compromiso posterior de apoyo financiero a la investigación científica. Así, las dificultades con las que Shockley tropezó en el funcionamiento de los primeros transistores de punta de contacto le empujaron a una búsqueda sistemática de una explicación más profunda del comportamiento de estos dispositivos basada en la física cuántica subyacente de los semiconductores. Esta búsqueda no solo llevó con el tiempo a desarrollar un dispositivo de amplificación muy superior, el transistor de unión, sino que contribuyó además a una comprensión mucho más honda de la ciencia de los semiconductores. De hecho, el famoso y muy influyente libro de Shockley, *Electrons and Holes in Semiconductors*, se inspiró en buena medida en esta investigación y fue el producto directo de un curso interno que Shockley impartió al personal de Bell Labs. Además, en junio de 1952 Shockley consideró necesario llevar a cabo en Bell Labs un curso de seis días para profesores de unas treinta universidades como parte de sus esfuerzos por promover la creación de cursos universitarios sobre la física de los transistores.

Sin duda, en este periodo crítico el flujo principal de conocimiento científico se dio de la industria a la universidad y no al revés. De hecho, durante un tiempo considerable, Stanford y la Universidad de California en Berkeley tuvieron que contratar a científicos de la industria local para que impartieran cursos sobre electrónica y física del estado sólido.

Una secuencia similar fue la que condujo a la dedicación de fondos a la investigación en química de superficies cuando algunos problemas relacionados con la fiabilidad de los primeros transistores apuntaron en esa dirección. Más recientemente, y sirva esto como síntesis de

“En las condiciones industriales modernas, la tecnología ejerce una enorme influencia sobre la ciencia, ya que desempeña un papel esencial en la definición de la agenda de investigación de la ciencia y en el volumen de recursos dedicados a los distintos campos de investigación”

una sucesión de hechos mucho más compleja, el desarrollo de la tecnología láser sugirió la viabilidad de usar las fibras ópticas para la transmisión telefónica. Esta posibilidad señalaba de manera natural al campo de la óptica, en el que de repente cabía esperar que los avances en el conocimiento científico generasen elevados beneficios. Como resultado, la óptica como campo de investigación científica experimentó un importante resurgimiento en la década de 1960 y en los años posteriores. El cambio en las expectativas hizo que esta disciplina pasara, a la luz de las innovaciones tecnológicas que se habían producido y de las que se esperaban, de ser un tranquilo remanso científico e intelectual a convertirse en un floreciente campo de investigación. Este crecimiento de la actividad en la especialidad fue motivado no por fuerzas internas propias del campo de la óptica, sino por un cambio radical en la valoración de las oportunidades potenciales asociadas a las tecnologías basadas en el láser. Además, los distintos tipos

de láseres dieron pie a diferentes categorías de investigación fundamental. Como ha señalado Harvey Brooks, «mientras que el láser de estado sólido insufló nueva vida al estudio de los aislantes y de las propiedades ópticas de los sólidos, el láser de gas resucitó la disciplina moribunda de la espectrometría atómica y la física de las descargas gaseosas» (Brooks, 1968).

Este análisis me lleva a la conclusión de que, en las condiciones industriales modernas, la tecnología ejerce una enorme influencia sobre la ciencia, ya que desempeña un papel esencial en la definición de la agenda de investigación de la ciencia y en el volumen de recursos dedicados a los distintos campos de investigación. Estas relaciones se pueden examinar de una forma mucho más minuciosa mostrando cómo, en los sectores económicos de la alta tecnología, los cambios de las necesidades tecnológicas de la industria han conllevado variaciones en las prioridades de la investigación científica. Cuando, por ejemplo, la industria de los semiconductores pasó de trabajar con circuitos discretos (transistores) a usar circuitos integrados, se produjo también una evolución en la fabricación, y los métodos mecánicos fueron reemplazados por los químicos. Cuando Fairchild Semiconductors empezó a fabricar circuitos integrados, lo hizo empleando nuevos métodos de grabado químico que imprimían los transistores en las láminas de silicio y trazaban también las pistas situadas entre ellos. Esta técnica química puso fin al costoso cableado y permitió producir circuitos integrados que funcionaban a velocidades muy superiores. A su vez, el mayor uso de los métodos químicos llevó consigo un aumento del interés por los campos correspondientes de la química, como la química de superficies.

Cito la experiencia de la transición en los métodos de diseño y fabricación de las placas de los circuitos integrados para indicar las formas en las que las necesidades y las prioridades cambiantes de la industria han sentado las bases de nuevas prioridades en el mundo de la investigación científica. Pero es esencial señalar

que estas nuevas prioridades no limitaron su influencia al mundo de la investigación industrial, sino que afectaron también a las prácticas investigadoras de la comunidad universitaria. Basta con recordar que la Universidad de Stanford tiene, desde hace algún tiempo, su propio centro de sistemas integrados. Este centro se dedica a la investigación de laboratorio sobre los materiales, los dispositivos y los sistemas microelectrónicos y está cofinanciado por el gobierno federal y la industria privada.

SERENDIPIA

Existe otra fuente más de causalidad que va de la tecnología a la ciencia y sobre la que me gustaría llamar la atención del lector. Me refiero al papel que desempeña la *serendipia*. Es de esperar, por supuesto, que las mentes científicas bien entrenadas tengan una alta probabilidad de tropezar con hallazgos inesperados en muchos lugares. Como Pasteur señaló a mediados del siglo XIX: «En lo tocante a la observación, el azar solo favorece a la mente preparada». Pensemos, por contra, en Thomas Edison, considerado universalmente un brillante inventor, pero con escaso interés por las observaciones sin relevancia práctica inmediata. En 1883 observó el flujo de electricidad de un filamento caliente a un conductor metálico a través de un espacio situado en el interior de un vacío. Como no vio en ello ninguna aplicación práctica y carecía de formación científica, se limitó a describir el fenómeno en un cuaderno y pasó a otras cuestiones con mayor utilidad potencial en su empeño de mejorar el rendimiento de la bombilla eléctrica. Edison estaba, obviamente, observando un flujo de electrones, y desde entonces esa observación se conoce como Efecto Edison en honor al hombre que, paradójicamente, *no logró* descubrirlo. Si hubiese sido un científico curioso (y paciente), menos preocupado por la utilidad a corto plazo, Edison podría haber compartido años después un Premio Nobel con Owen Richardson, que analizó el comportamiento de los electrones al calentarse en un vacío, o, por qué no, incluso

con J. J. Thomson por el descubrimiento inicial del electrón. La *mente preparada* de Edison, sin embargo, solo lo estaba para aquellas observaciones que pudieran tener alguna relevancia práctica a corto plazo.

Un rasgo distintivo del siglo XX en las dinámicas economías capitalistas fue la gran proliferación de *mentes científicamente preparadas* tanto en las universidades como en la empresa privada. La búsqueda de las posibles implicaciones de las observaciones inesperadas se convirtió en muchos casos en la base de avances fundamentales que se produjeron accidentalmente cuando hubo *mentes preparadas* disponibles para explorar esas posibles implicaciones de lo inesperado. Sin duda, el ejemplo más espectacular de serendipia del siglo XX, que no tuvo lugar en un laboratorio industrial, fue la brillante conjetura formulada en 1928 por Alexander Fleming, que concluyó que el inesperado efecto bactericida que había observado en los cultivos bacterianos de su placa de Petri estaba causado por un moho del pan común que se había acumulado en los portaobjetos. Fleming publicó su descubrimiento en 1929, pero tendría que pasar más de una década para que se dieran avances sustanciales que permitieran elaborar un producto comercializable, algo que solo ocurrió cuando las exigencias de la guerra llevaron a un programa intensivo angloamericano para acelerar la producción del antibiótico (Elder, 1970).

No es disparatado especular que, si Fleming hubiera trabajado en un laboratorio farmacéutico cuando hizo su maravilloso descubrimiento, la penicilina habría estado disponible en grandes cantidades con mucha más rapidez (para conocer un punto de vista contrario a esta idea, véase Bernal, volumen 3, pp. 926-927). En el contexto de este artículo, es interesante poner de relieve un hecho histórico poco conocido: que la tecnología empleada para la producción del antibiótico en grandes cantidades no fue desarrollada, como habría sido esperable, por un químico farmacéutico, sino por ingenieros químicos. Fueron los ingenieros químicos los que demostraron

que una técnica denominada *fermentación aeróbica sumergida*, que terminó siendo la tecnología de elaboración dominante, se podía aplicar a este complejo producto (Elder, 1970).

El crecimiento de los laboratorios industriales organizados en Estados Unidos a lo largo del siglo XX multiplicó el número de científicos con formación integrados en el mundo industrial que descubrieron fenómenos extraños que difícilmente se habrían producido u observado fuera de un contexto industrial muy especializado. En este sentido, la gran proliferación de nuevos productos de alta tecnología y las densas concentraciones de científicos especializados con un elevado nivel de formación en la industria aumentaron exponencialmente la probabilidad de que se produjeran descubrimientos accidentales a lo largo del siglo XX.

Consideremos el ámbito de las transmisiones telefónicas. A finales de la década de 1920, cuando los servicios de radioteléfono transatlánticos se establecieron por primera vez, se descubrió que el sistema era deficiente a causa de las interferencias provocadas por el elevado nivel de electricidad estática. Bell Labs pidió a un joven, Karl Jansky, que determinara cuál era la fuente del ruido con el objeto de reducirlo o eliminarlo. Se le suministró una antena giratoria para que trabajara con ella. En 1932 Jansky publicó un artículo en el que explicaba que había encontrado tres fuentes de ruido: las tormentas eléctricas locales, otras tormentas eléctricas más distantes y una tercera fuente que describía como «un silbido estático constante cuyo origen se desconoce». Fue este *ruido estelar*, como Jansky lo denominó, el que marcó el nacimiento de una ciencia totalmente nueva: la radioastronomía.

La experiencia de Jansky pone de manifiesto las razones por las que los frecuentes intentos de diferenciar la investigación básica y la aplicada son poco viables en la práctica. Los avances científicos fundamentales se producen a menudo cuando se trabaja en problemas prácticos y aplicados, sobre todo en los relacionados con

el rendimiento de las nuevas tecnologías en un contexto industrial.

Pero hay otro aspecto en el que la diferenciación falla. Es esencial distinguir entre las motivaciones personales de los investigadores y las de los responsables de la toma de decisiones de la empresa para la que los primeros trabajan. Muchos científicos de la industria privada podrían afirmar con sinceridad que están intentando ampliar las fronteras del conocimiento científico básico sin que les mueva interés alguno por las posibles aplicaciones. Al mismo tiempo, la motivación de los gestores de la investigación, que deciden financiar o no la investigación en un campo básico de la ciencia, puede tener una fuerte dependencia de las expectativas de que con el tiempo se produzcan hallazgos útiles.

Al parecer, este fue el caso cuando, a principios de los años sesenta, Bell Labs decidió apoyar la investigación en el campo de la astrofísica por su relación potencial con todos los problemas y las posibilidades existentes en el ámbito de la transmisión por microondas y especialmente en el uso de los satélites de comunicaciones con esos fines. Ya se tenía la certeza de que a frecuencias muy elevadas se encontraban en muchos casos fuentes molestas de interferencias en las transmisiones.

Esta fuente de pérdida de señal era un motivo permanente de preocupación en el desarrollo de la nueva tecnología de las comunicaciones por satélite que se estaba llevando a cabo en Bell Labs. Y fueron esas preocupaciones prácticas las que movieron a Bell Labs a contratar a dos astrofísicos, Arno Penzias y Robert Wilson. Sin duda, Penzias y Wilson se habrían indignado si cualquiera hubiera insinuado que lo que hacían no era investigación básica. Observaron la radiación cósmica de fondo —considerada hoy en día una confirmación de la teoría del Big Bang sobre la formación del universo— por primera vez mientras trataban de identificar y medir las distintas fuentes del ruido que se detectaba en la antena y en la atmósfera. Es justo afirmar que este avance primordial de la cosmología del

pasado siglo fue fruto de la serendipia. Aunque Penzias y Wilson no lo sabían entonces, la radiación de fondo que ellos descubrieron no era sino lo que los cosmólogos de Princeton que formularon la teoría del Big Bang habían postulado anteriormente. Penzias y Wilson compartieron un Premio Nobel de física por este descubrimiento. Sus hallazgos se encuadran en la faceta más básica de la ciencia, y saber que la firma que los contrató lo hizo porque los responsables de la toma de decisiones de Bell Labs esperaban mejorar la calidad de la transmisión por satélite no les resta ni un ápice de su importancia.

El paralelismo entre los descubrimientos fundamentales de Jansky por una parte y de Penzias y Wilson por otra es por supuesto muy llamativo. En ambos episodios, los investigadores de Bell Labs se tropezaron con hallazgos de la máxima relevancia científica mientras participaban en proyectos motivados por el deseo de los laboratorios de mejorar la calidad de la transmisión telefónica. En el caso de Penzias y Wilson, la investigación se realizaba con una antena de cuerno excepcionalmente sensible que se había construido para los proyectos de satélites Echo y Telstar. Wilson recordaría más tarde que al principio se sintió atraído por el trabajo en Bell Labs porque iba a proporcionarle acceso a una antena de cuerno que era una de las más sensibles de su clase (Aaronson, 1979).

Hemos recordado dos episodios relacionados con Bell Labs en los que unos investigadores industriales descubrieron fenómenos naturales de enorme importancia científica mientras trabajaban para una compañía que los había contratado con la esperanza de que resolvieran problemas graves relativos al rendimiento de una nueva tecnología de comunicaciones. En cierto sentido, es correcto afirmar que algunos descubrimientos científicos importantes realizados en el seno de empresas con ánimo de lucro se producen de manera involuntaria: descubren cosas que no estaban buscando, que es exactamente lo que significa en su acepción más general la serendipia, el neologismo que Horace Walpole acuñó

a mediados del siglo XVIII. Por otra parte, estos grandes avances realizados en el sector privado son difíciles de comprender si se insiste en establecer distinciones rígidas entre la investigación básica y la aplicada tomando como punto de partida las motivaciones de quienes la llevan a cabo. No puedo resistirme a invocar, una vez más, el recuerdo del gran Pasteur: «No existe eso que se ha dado en llamar *ciencias aplicadas*, solo hay aplicaciones de la ciencia».

Yo, de hecho, iría mucho más lejos: cuando la investigación básica realizada en la industria se aísla de las otras actividades de una empresa, ya sea en los aspectos organizativos o geográficos, tiene muchas probabilidades de terminar siendo estéril e improductiva. Buena parte de la historia de la investigación básica realizada en la industria norteamericana sugiere que suele ser más eficaz cuando presenta un alto grado de interacción con el trabajo y las inquietudes de los ingenieros y científicos aplicados de la firma. Esto se debe al hecho de que las industrias del sector de la alta tecnología ponen continuamente de manifiesto problemas, dificultades y observaciones anómalas que muy difícilmente se habrían dado fuera de determinados contextos de la alta tecnología.

El simple aumento del número de científicos cualificados en los laboratorios industriales, junto con la introducción de nuevos productos especializados de gran complejidad aparecidos a lo largo del siglo XX, ha multiplicado exponencialmente la probabilidad de los hallazgos accidentales. Las industrias de alta tecnología se encuentran en una posición estratégica única para el desarrollo de la investigación básica, pero para que los científicos saquen provecho del potencial del entorno industrial es necesario crear oportunidades e incentivos para la interacción con otros componentes de la firma. Bell Labs, antes de la división organizativa a la que se sometió en 1984 por imposición legal, era probablemente el mejor ejemplo de un lugar cuyo entorno empresarial resultó ser un campo de cultivo idóneo para la investigación

“El simple aumento del número de científicos cualificados en los laboratorios industriales, junto con la introducción de nuevos productos especializados de gran complejidad aparecidos a lo largo del siglo XX, ha multiplicado exponencialmente la probabilidad de los hallazgos accidentales”

básica. No pretendo sugerir que Bell Labs fuese, en ningún aspecto, un laboratorio industrial representativo. Nada más lejos de la verdad. Era un monopolio regulado que podía recuperar con rapidez las enormes inversiones que realizaba en investigación. Pero, y esto es probablemente más importante, vino a ocupar en el espectro industrial un hueco en el que, como se demostró con el tiempo, las mejoras tecnológicas requerían una exploración científica más profunda de ciertas porciones del mundo natural que no se habían estudiado antes.

INSTRUMENTACIÓN

Sin duda, mi examen de la naturaleza endógena de la ciencia no ha sido sino un esbozo enormemente modesto y parcial. En él se han dejado de lado categorías completas de la influencia de la tecnología sobre la ciencia, como el gran impacto de la nueva instrumentación, es decir, de las tecnologías de observación, experimentación y medición. De hecho, resulta útil considerar los instrumentos científicos como los bienes capitales de la industria de la

investigación. Muchos de estos instrumentos, por su parte, tuvieron sus orígenes en el mundo universitario y, para subrayar el alcance de las interconexiones entre la tecnología y la ciencia en los últimos años, algunos de los más eficaces, como la resonancia magnética nuclear, nacieron de una investigación fundamental que se llevó a cabo inicialmente con el fin de adquirir ciertos conocimientos específicos, como una comprensión más profunda de las propiedades magnéticas de los núcleos atómicos. De hecho, Felix Bloch recibió el primer Premio Nobel de Física para Stanford precisamente por esta investigación (Rosenberg, 1997 y, en el mismo volumen, Kruytbosch, 1997). La espectroscopía por resonancia magnética nuclear, por su parte, se convirtió en una herramienta de incalculable valor en la química para determinar la estructura de ciertas moléculas, como las constituidas por átomos de hidrógeno, deuterio, boro y nitrógeno (Kruytbosch, 1997: 32-34).

Indudablemente, la instrumentación y las técnicas han pasado de unas disciplinas científicas a otras con importantes consecuencias para el progreso de la ciencia. De hecho, se podría argumentar que generalmente no es posible alcanzar un conocimiento serio del progreso de cada disciplina si no se realiza un examen de la influencia mutua entre las distintas áreas de la ciencia. Esta comprensión suele ir directamente unida al desarrollo, a la secuencia temporal y al modo de transferencia de los instrumentos científicos entre las disciplinas. El flujo de *exportaciones* parece haber sido especialmente intenso de la física a la química y también de la física y la química a la biología, a la medicina clínica y, por último, a la atención sanitaria. También se ha producido un flujo algo menos sustancial de la química a la física y, en los últimos años, de la física aplicada y la ingeniería eléctrica a la atención sanitaria. La RMN ha terminado por convertirse en la base de una de las herramientas diagnósticas más eficaces de la medicina del siglo XX (y del XXI): la obtención de imágenes por resonancia magnética.

La revolución del transistor fue un resultado directo del crecimiento de la física del estado sólido, pero para que esa revolución culminara fueron imprescindibles otros avances de la química y la metalurgia que proporcionaron materiales con un grado de pureza y cristalinidad suficientemente alto. La física, por último, ha generado subespecialidades que son por naturaleza interdisciplinarias, como la biofísica, la astrofísica y la ciencia de los materiales.

Hay un elemento más, sin embargo, implícito en lo que ya se ha dicho. La disponibilidad de técnicas experimentales o instrumentos nuevos o mejorados en una disciplina académica ha sido en muchos casos una fuente de colaboración interdisciplinaria. En algunos ejemplos cruciales, ha conllevado la migración de científicos con un alto nivel de cualificación de un campo a otro, como los físicos del Cavendish Laboratory (Universidad de Cambridge) que desempeñaron un papel decisivo en el nacimiento de la biología molecular. Este nacimiento estuvo estrechamente vinculado a un grupo de científicos que habían adquirido conocimientos de física en Cavendish y que transfirieron una herramienta indispensable, la cristalografía por rayos X, a un ámbito tan distinto como el de la biología. La biología molecular fue un producto de la investigación interdisciplinaria en el sentido de que algunos científicos formados en una disciplina cruzaron las fronteras científicas tradicionales y pusieron las herramientas intelectuales, los conceptos y los métodos experimentales de su especialidad al servicio de un campo totalmente distinto —véase el magistral y muy accesible volumen sobre la historia de los primeros tiempos de la biología molecular escrito por Horace Judson (Judson, 1979).

El físico alemán Max von Laue descubrió en 1912 el fenómeno de la difracción de los rayos X. Durante los primeros años, sus aplicaciones fueron empleadas por William Bragg y su hijo, Lawrence Bragg, principalmente en el nuevo campo de la física del estado sólido, pero también, algo más tarde, en el desarrollo de la

biología molecular. La metodología de la difracción de rayos X tuvo como centro principal, durante muchos años, el Laboratorio Cavendish, presidido por Lawrence Bragg. Numerosos científicos iban allí para aprender a utilizar esta técnica. Entre ellos Max Perutz, entonces químico, James Watson, Francis Crick o John Kendrew, todos ellos galardonados años después con premios Nobel de fisiología y medicina. La transferencia de los conocimientos sobre la difracción de rayos X se vio impulsada por un paso poco común: el establecimiento de un Consejo de Investigación Médica, encabezado por Perutz aunque bajo la dirección general del físico Lawrence Bragg (Crick 1988: 23). Tiempo después, James Watson narraría el evidente deleite de Bragg «[...] por el hecho de que el método de rayos X que había desarrollado cuarenta años antes estuviera en el eje de un estudio profundo de la naturaleza de la propia vida» (Watson, 1968: 220). Deducir la estructura tridimensional de proteínas con moléculas muy grandes utilizando la nueva técnica de la cristalografía por rayos X, que solo ofrecía fotografías bidimensionales de moléculas muy complejas, parece haber sido un empeño endiablado difícil, pero cimentó en buena medida la nueva disciplina de la biología molecular. Rosalind Franklin, que lamentablemente falleció muy joven, está considerada en general como la mayor especialista en la cristalografía por rayos X.

Por otra parte, es importante observar que dos comunidades independientes —la de los científicos universitarios (incluidos los especialistas clínicos de las facultades de medicina) y la de los fabricantes de instrumentos comerciales— interaccionaron entre ellas y se influyeron de maneras realmente simbióticas. Precisamente porque estas dos comunidades respondían a consignas muy distintas, cada una fue en última instancia responsable de algunas mejoras innovadoras que la otra no podría haber alcanzado si hubiera actuado sola (Gelijns y Rosenberg, 1999). Es obligado añadir que las aplicaciones de la investigación en el campo de

la física siempre han atravesado las fronteras disciplinares con más rapidez en la industria que en el mundo académico. Las empresas con ánimo de lucro no sienten especial interés por la ubicación atribuida a esas fronteras en el mundo académico; normalmente buscan soluciones a diversos problemas con independencia del lugar en el que esas soluciones puedan encontrarse (National Research Council, 1986).

Así pues, el ámbito tecnológico no solo ha desempeñado un papel fundamental en la definición de la agenda de investigación de la ciencia, como ya se ha señalado. La tecnología ha proporcionado además herramientas de investigación nuevas y mucho más eficaces que las que existían en los siglos anteriores. Basta con citar el uso de la microscopía electrónica en el estudio del microuniverso, el telescopio Hubble en el estudio del macrouniverso y el láser, que se ha convertido en el instrumento de investigación más eficaz en el campo de las ciencias químicas. Además, el láser ha encontrado innumerables aplicaciones en la atención sanitaria.

Por último, puesto que este artículo se escribió a un tiro de piedra del acelerador lineal de Stanford (SLAC), parece oportuno terminar con la siguiente observación: en el ámbito de la física moderna, la velocidad del progreso científico parece haber estado determinada, en buena medida, por la disponibilidad de mejoras de las tecnologías experimentales. En la sucinta formulación de Wolfgang Panofsky, el primer director del SLAC: «El ritmo de la física viene generalmente marcado por la tecnología y no por las leyes físicas. Se diría que siempre tenemos más preguntas que instrumentos para contestarlas». Y así es.

BIBLIOGRAFÍA

- AARONSON, S. (1979), «The Light of Creation - an Interview with Arno A. Penzias and Robert C. Wilson», *Bell Laboratories Record*, enero, p. 13.
- BROOKS, H. (1968), «Physics and the Polity», *Science* 160.
- CRICK, F. (1988), *What Mad Pursuit*, Londres: Penguin. Existe versión española (1989), *Qué loco propósito*, Barcelona: Tusquets Editores.
- ELDER, A. L. (ed.) (1970), *The History of Penicillin Production*, Nueva York: American Institute of Chemical Engineers.
- GELIJNS, A., y N. ROSENBERG (1999), «Diagnostic Devices: An Analysis of Comparative Advantages», en D. Mowery y R. Nelson (eds.), *Sources of Industrial Leadership*, Cambridge: Cambridge University Press.
- JUDSON, H. (1979), *The Eighth Day of Creation*, New York: Simon and Schuster. Existe versión española (1987), *El octavo día de la creación*, México DF: CONACYT.
- KRUYTBOSCH, C. (1997), «The Role of Instrumentation in Advancing the Frontiers of Science», en John Irvine *et al.*, *Equipping Science for the 21st Century*, Cheltenham: Edward Elgar.
- MOWERY, D., y N. ROSENBERG (1998), *Paths of Innovation: Technological Change in 20th Century America*, Cambridge: Cambridge University Press.
- ROSENBERG, N. (1997), «The Economic Impact of Scientific Instrumentation Developed in Academic Laboratories», en John Irvine *et al.*, *Equipping Science for the 21st Century*, Cheltenham: Edward Elgar.
- ROSENBERG, N. (1998), «Technological Change in Chemicals: The Role of University-Industry Relations», en A. Arora, R. Landau y N. Rosenberg (eds.), *Chemicals and Long-term Economic Growth*, Nueva York: Wiley.
- ROSENBERG, N. (1990), «Why do firms do Basic Research?», *Research Policy* 19(2), pp. 165-174.
- ROSENBERG, N. (2002), «America's University/Industry Interfaces, 1945-2000».
- WATSON, J. (1968), *The Double Helix*, Nueva York: Simon Schuster.

BBVA

Dos dinámicas de conocimiento para la innovación

Hiroyuki Itami

Escuela de Posgrado de Gestión
de la Ciencia y la Tecnología
Universidad de la Ciencia de Tokio

INTRODUCCIÓN

La innovación es el motor del progreso de nuestra sociedad. Podemos definirla como una alteración drástica de la vida de las personas causada por la introducción de nuevos productos o servicios. Así pues, una innovación no es un simple descubrimiento tecnológico ni la experimentación de una idea para un nuevo producto. A menos que tales cosas afecten a la vida de la gente, su importancia social es mínima. Solo cuando provocan cambios radicales en la vida de las personas merecen recibir el nombre de innovación.

Para que la innovación se materialice en nuevos productos o servicios, deben darse dos dinámicas de conocimiento: la dinámica de acumulación y la dinámica de uso del conocimiento. Normalmente, las corporaciones introducen en la sociedad nuevos productos o servicios y al hacerlo emplean diversos conocimientos, como la tecnología y otros elementos intangibles, creados y acumulados por las propias corporaciones y por otros actores de la sociedad, como las universidades. Por tanto, para poder comprender la innovación en nuestra sociedad, debemos entender dos dinámicas relacionadas con el conocimiento: cómo se acumula y cómo se utiliza. Sobre esta cuestión trata el presente ensayo.

El análisis nos lleva a dos conclusiones principales: en primer lugar, que las organizaciones

son el contexto idóneo para la acumulación de conocimiento y los mercados lo son para su utilización; en segundo lugar, que un énfasis excesivo en el mecanismo de mercado puede ir en detrimento de la continuidad de la innovación, ya que debe haber alguien que acumule el conocimiento inicialmente.

HISTORIA DE TRES INNOVADORES: APPLE, MICROSOFT Y GOOGLE

Hoy en día, el ritmo de la innovación se está acelerando en todo el mundo. En las últimas tres décadas y en el ámbito del ordenador personal, por ejemplo, se han producido muchas innovaciones asombrosas que han cambiado radicalmente nuestras vidas. Entre las empresas que han liderado esta innovación, sobresalen tres que todos conocemos: Apple, Microsoft y Google. Apple introdujo en nuestras vidas uno de los primeros ordenadores personales con éxito comercial y encabezó después la innovación que llevó a un PC (Personal Computer) fácil de usar con un ratón e iconos. Hoy en día, está transformando nuestra manera de leer libros con el iPad. Microsoft es otro innovador en el terreno del *software* para ordenadores personales, responsable de DOS, el primer sistema operativo de uso general para los PC con procesador Intel y, posteriormente, del intuitivo sistema operativo Windows, que tuvo un

enorme éxito. De hecho, no sería exagerado afirmar que estas dos compañías han escrito hasta ahora la historia de los ordenadores personales.

Cuando el ordenador personal ya se había convertido en una herramienta habitual para todos, llegó la era de Internet, que posibilitó la comunicación entre los ordenadores y nos trajo Google, que convirtió el PC en la puerta de acceso al ancho mundo de la información en Internet. La innovación de Google radicó en su fabuloso motor de búsqueda, con unos centros de datos extraordinariamente potentes y numerosos servidores que exploran la Red sin cesar. Y esos centros de datos se han convertido, precisamente, en la fuente de la siguiente generación de innovaciones informáticas, la computación en nube.

Las tres compañías nacieron en Estados Unidos, no hace demasiado tiempo, como pequeñas iniciativas empresariales, cada una de ellas dirigida por uno de estos emprendedores por antonomasia: Steve Jobs en Apple, Bill Gates en Microsoft y Sergei Brin (junto con Larry Page) en Google. No obstante, estos individuos no han hecho posibles sus innovaciones en solitario y sin ayuda de nadie. Su actividad empresarial es el resultado de una enorme acumulación de conocimiento realizada por grandes organizaciones. Para Jobs y Gates, esa gran organización fue Xerox Corporation; para Brin, la Universidad de Stanford.

La tecnología básica del intuitivo ordenador personal que conocemos hoy en día fue desarrollada por el Palo Alto Research Center (PARC) de Xerox Corporation. Esa tecnología se usó primero en una estación de trabajo denominada Alto, que fue la precursora del ordenador personal moderno. Sin embargo, a pesar del éxito técnico de aquella tecnología, Xerox no asignó suficientes recursos al proyecto por diversos problemas administrativos internos y de la predicción de unos malos resultados financieros que los departamentos de *marketing* y contabilidad de la corporación habían transmitido a la dirección de la compañía. Así, lamentablemente, Xerox perdió la oportunidad de convertirse en el innovador del

mercado para el ordenador personal. Aunque el desarrollo tecnológico del ordenador personal tuvo éxito gracias a la enorme cantidad de recursos que Xerox podía permitirse, la compañía no supo utilizar bien el conocimiento acumulado para su propio éxito comercial.

Decepcionados, muchos ingenieros dejaron el PARC. Un grupo se unió a Steve Jobs en Apple y creó el Lisa y el Macintosh, el predecesor de los ordenadores personales de nuestros días. Otro grupo de ingenieros del PARC respondió a la invitación de Bill Gates de incorporarse a Microsoft, donde desarrollaron el sistema operativo Windows. Así, Xerox, una gran organización, había acumulado en el PARC la mayor parte del conocimiento básico necesario para la era del ordenador personal, un conocimiento que las pequeñas iniciativas empresariales de Silicon Valley emplearían más tarde para su comercialización. Algunos emprendedores con un agudo sentido empresarial intuyeron el potencial de la tecnología acumulada por las grandes organizaciones e intentaron sacar provecho de ellas apropiándose del conocimiento que habían atesorado a través del mecanismo de mercado.

En el caso de Sergei Brin, cofundador de Google, la principal organización de gran tamaño cuya acumulación de conocimiento pudo aprovechar fue la Universidad de Stanford. Wikipedia ofrece la siguiente descripción de la historia de su vida hasta que creó Google:

Brin inmigró a Estados Unidos desde la Unión Soviética cuando tenía seis años. Se licenció en la Universidad de Maryland, donde, siguiendo los pasos de su padre y su abuelo, estudió matemáticas, un título que completó con una segunda especialidad en ciencias informáticas. Después de licenciarse, se trasladó a Stanford para doctorarse en informática. Allí conoció a Larry Page, con quien no tardó en entablar amistad. Llenaron su habitación de la residencia de estudiantes de ordenadores baratos y aplicaron el sistema de recopilación de datos de Brin para diseñar un motor de búsqueda superior. El programa se hizo popular en Stanford y sus creadores interrumpieron sus

respectivos doctorados para crear Google en un garaje alquilado.

La formación impartida en Stanford y la red de profesores y estudiantes que allí existe suministraron a Brin tanto el conocimiento acumulado que podía utilizar como el semillero de ideas y reacciones que llevarían al desarrollo tecnológico del motor de búsqueda de Google.

¿DOS DINÁMICAS DE CONOCIMIENTO DESARROLLADAS POR DOS GRUPOS DIFERENTES?

Las historias de estos tres innovadores indican que para que una innovación triunfe, los dos aspectos del conocimiento implicados en la innovación —la acumulación del conocimiento necesario y su utilización— suelen dividirse entre dos grupos distintos de personas u organizaciones: los que acumulan el conocimiento y los que lo utilizan. Por supuesto, pueden darse casos afortunados en los que los mismos individuos u organizaciones concentren la acumulación y la utilización, pero eso es más la excepción que la regla.

¿A qué se debe esto? Las razones parecen residir en la naturaleza del propio proceso de innovación. Normalmente, la innovación es un proceso largo que debe pasar por tres fases claramente diferenciadas. En primer lugar, se da una fase de desarrollo de la tecnología. Una nueva tecnología se desarrolla y se cultiva usando diversos conocimientos acumulados en la sociedad. En segundo lugar, la nueva tecnología debe encontrar un punto de acceso al mercado tras materializarse en un nuevo producto. Denominaremos a esta etapa fase de entrada en el mercado. En tercer lugar, el nuevo producto introducido debe ser aceptado por un número elevado de personas en la sociedad para que una pequeña entrada en el mercado se traduzca en una gran avalancha de demanda. Solo cuando se produce esta avalancha, el nuevo producto pasa a ser empleado por muchas personas y cambia sus vidas. En cierto sentido, la sociedad se pone de acuerdo y avanza con el nuevo producto. Denominaremos a esta tercera etapa la fase del movimiento social. Solo

cuando esta tercera etapa tiene éxito, la innovación se convierte en una realidad.

El conocimiento desempeña un papel fundamental en todas las fases de la innovación. En la primera fase, la del desarrollo tecnológico, el conocimiento tecnológico se debe crear y acumular para que la nueva tecnología se pueda aplicar en la realidad. La dinámica de acumulación del conocimiento es la clave de la primera fase. Incluimos la creación de conocimiento en la dinámica de acumulación del conocimiento, porque esta presupone la creación del nuevo conocimiento que se va a acumular. En la segunda fase de la innovación, la de entrada en el mercado, la dinámica de utilización del conocimiento es la principal actividad relacionada con el conocimiento. En ella, el conocimiento tecnológico que se ha acumulado en la primera fase debe combinarse con el conocimiento del mercado para desarrollar un nuevo producto. En la tercera fase de la innovación, la de movimiento social, debe producirse una difusión del conocimiento a gran escala para que muchas personas reconozcan el nuevo producto y muestren interés por él. Se trata de una forma de utilización del conocimiento, ya que un número elevado de personas termina compartiendo el conocimiento sobre el nuevo producto, con lo que la utilización del conocimiento se traduce en una difusión generalizada. Así pues, la utilización del conocimiento es la actividad central en las dos últimas fases del proceso de innovación.

Aunque dividamos las actividades relacionadas con el conocimiento en estos procesos de acumulación y utilización, es importante señalar que se trata de actividades muy dinámicas que están estrechamente vinculadas entre sí. Por ejemplo, la acumulación del conocimiento conlleva la utilización del conocimiento antiguo para crear el conocimiento nuevo, de modo que el conocimiento total combinado, antiguo y nuevo, es el que se acumula. Por otra parte, en el proceso de utilización del conocimiento se producen a menudo situaciones en las que el conocimiento empleado inicialmente no basta para desarrollar un nuevo producto que se pueda introducir en el mercado,

lo que obliga a crear nuevos conocimientos que suplan las carencias. El conocimiento creado no desaparecerá después de usarse. Sin duda, se acumulará de algún modo tras su creación. En este sentido, la utilización del conocimiento puede ser el punto de partida de otra ronda de acumulación de conocimiento.

Según este planteamiento, podemos encontrar al menos dos razones por las que se requieren dos grupos diferenciados para que todo el proceso de innovación tenga éxito. Una razón es que el camino que lleva del principio de una innovación, la fase de desarrollo de la tecnología, hasta el final, la fase de movimiento social, suele ser largo. Por este motivo, un solo grupo de personas no basta normalmente para llevarlo a término y se deben establecer turnos entre distintos grupos, como en una carrera de relevos. Otra razón es la diferencia de carácter entre la acumulación del conocimiento y su utilización. Las personas más dotadas para la acumulación del conocimiento pueden no ser las idóneas para su utilización en el mercado.

Aunque la acumulación y la utilización del conocimiento son procesos que se entrelazan, sigue resultando útil mantener la diferenciación conceptual entre la dinámica de acumulación del conocimiento y la dinámica de utilización del conocimiento. La idea principal es que para que se produzca una innovación deben darse las dos dinámicas, que suelen estar en manos de dos grupos diferentes de personas o se desarrollan en dos lugares distintos.

LA ORGANIZACIÓN ACUMULA Y EL MERCADO UTILIZA

La historia de estos tres innovadores también nos enseña que la dinámica de acumulación del conocimiento se produce a menudo en grandes organizaciones, como Xerox y la Universidad de Stanford, mientras que la utilización del conocimiento queda en manos de emprendedores como Jobs, Gates y Brin y se desarrolla en el mercado. Se diría que la organización acumula el conocimiento y el mercado utiliza posteriormente el conocimiento acumulado.

Las organizaciones son los lugares en los que las personas se reúnen y forman equipos con los que se crea una red humana estable. En esa red, las personas aprenden y acumulan juntas e intercambian conocimientos. Las organizaciones son el contexto idóneo para la acumulación de conocimiento. Sin embargo, no suelen ser especialmente hábiles utilizando el conocimiento acumulado, como ilustra el caso de Xerox. Las organizaciones, corporativas y no corporativas, disponen de mecanismos jerárquicos de toma de decisiones y asignación de recursos dentro de su estructura. Esta jerarquía se convierte en muchos casos en un obstáculo para la libre experimentación guiada por el espíritu emprendedor dentro de la organización, especialmente cuando conlleva una inversión elevada. Pero ese tipo de inversión es inevitable en la segunda fase de la innovación, la de entrada en el mercado. La cantidad de dinero implicada en esa etapa suele ser enorme, mientras que la fase de desarrollo de la tecnología es mucho menos costosa. En cierto sentido, la jerarquía de la organización no es buena calculando los riesgos y por tanto tampoco destaca en la utilización del conocimiento.

El error de Xerox al no invertir en el ordenador personal es un ejemplo de este fallo jerárquico. Xerox no es, sin embargo, una excepción. Muchas grandes empresas de tecnologías de la información, como IBM y AT&T (American Telephone and Telegraph), acumularon en sus laboratorios, el Watson Research Center en el caso de IBM y el Bell Laboratory en el de AT&T, buena parte del conocimiento básico que aplicamos hoy en día en las tecnologías de la información y de las comunicaciones. Sin embargo, no pudieron hacer realidad todo el potencial comercial de sus conocimientos. Emprendedores y proyectos empresariales derivados de estas organizaciones, como Steve Jobs en Apple, Bill Gates en Microsoft, Scott McNealy en Sun Micro Systems, Larry Ellison en Oracle y John Chambers en Cisco Systems, cosecharon los enormes beneficios económicos generados por el conocimiento que IBM y AT&T habían acumulado.

Además, los emprendedores que tuvieron éxito en las dos últimas fases de la innovación, la de entrada en el mercado y la de movimiento social, fueron en muchos casos antiguos empleados de estas grandes firmas. Entre los emprendedores que se han mencionado en este artículo, McNealy, Ellison y Chambers habían trabajado en el pasado para IBM o AT&T. Solo Jobs y Gates partieron de cero en sus iniciativas empresariales. Irónicamente, IBM y AT&T no solo hicieron una gran contribución a la acumulación de conocimiento básico para el sector de la TI (tecnología de la información) actual, sino que además aportaron muchos emprendedores que completaron innovaciones en este campo.

La reestructuración que tuvo lugar en IBM y en AT&T en la década de 1980 en respuesta a las presiones del gobierno de Estados Unidos, que impuso la división de estas organizaciones en aplicación de las leyes antimonopolio, fue el factor que más influyó en el salto de estos emprendedores a otros proyectos empresariales. Así pues, la revolución de la TI en Estados Unidos habría sido imposible sin la acumulación básica realizada en estas grandes compañías, pero también habría sido inviable sin su reestructuración, que no solo llevó a muchos futuros emprendedores al nuevo mercado empresarial, sino que incorporó además al mercado laboral a numerosos ingenieros que habían tenido que dejar estas grandes organizaciones.

Un mérito importante del mercado en la utilización del conocimiento se deriva de su capacidad para ampliar las posibles combinaciones de los distintos conocimientos acumulados en diversas organizaciones trascendiendo sus fronteras. Los emprendedores no se ven constreñidos a los límites de las organizaciones y no están sometidos tampoco a su control jerárquico. Cuando huelen una oportunidad de innovación, pueden aprovechar el conocimiento acumulado en otras grandes organizaciones reclutando talentos procedentes de ellas o bien aprendiendo directamente del trabajo desarrollado por ellos mismos en esas organizaciones. Gracias a los buenos

reflejos de estos emprendedores, los recursos se recombinan y se asignan de modo que la oportunidad imaginada se convierte en una realidad. El mercado sirve de campo de experimentación. Sin embargo, el mercado no es el mejor contexto para la acumulación del conocimiento. Esta actividad requiere una red humana estable, como un equipo, en la que el aprendizaje se dé entre muchos individuos con una sólida base común. El mercado no desarrolla fácilmente la capacidad de acoger una red humana estable de esa naturaleza, ya que la libertad de acción de quienes participan en él, y en especial la libertad de entrada y de salida, son los principios básicos de las transacciones de mercado.

En cualquier economía de mercado, existen organizaciones corporativas que son los actores económicos fundamentales y existen también organizaciones no corporativas como las universidades, especializadas en la acumulación de conocimiento. Estos dos tipos de organizaciones se vinculan por medio de las transacciones de mercado y complementan así la división del trabajo establecida entre ellas. Los mercados también relacionan a las organizaciones corporativas con los consumidores. Por tanto, las organizaciones y los mercados son dos unidades esenciales de cualquier economía de mercado, ya sea nacional o regional.

Si pensamos en el panorama global de las dinámicas de acumulación y utilización del conocimiento en el conjunto de la economía, el análisis realizado hasta ahora implica que las organizaciones, corporativas y no corporativas, son el escenario principal de la dinámica de acumulación. Las organizaciones son los lugares en los que se produce la acumulación. Para la dinámica de utilización, en cambio, el escenario principal es el mercado. El mercado es el entorno en el que se lleva a cabo la utilización. Obviamente, quien utiliza en la práctica el conocimiento acumulado para aplicarlo a una innovación es el emprendedor, junto con la organización corporativa que lidera. Esa utilización, sin embargo, tiene lugar en el contexto del mercado. En resumen, la

organización acumula y el mercado utiliza o, por decirlo de un modo más exacto, el mercado permite que una firma haga uso de la acumulación de otras organizaciones.

Sin duda, en el caso de nuestros tres innovadores, como en otros muchos, el mecanismo de mercado permitió que los emprendedores utilizaran los distintos conocimientos acumulados en diversos ámbitos de la economía. Sin embargo, es importante señalar que debe existir alguien que acumule inicialmente el conocimiento. La utilización del conocimiento no se puede producir si este no se acumula previamente.

En resumen, la acumulación del conocimiento se da a través del aprendizaje en el seno de un equipo de personas que comparten un objetivo y una base de conocimientos comunes. Este es el punto fuerte de las organizaciones. La utilización del conocimiento para la innovación exige la experimentación de una nueva combinación de conocimientos fuera de los límites de una organización y la asignación del recurso adecuado en el momento justo a esa combinación. Y los emprendedores que tienen visiones únicas son quienes llevan a cabo la utilización. El mercado es el contexto en el que se produce este tipo de experimento.

ESTADOS UNIDOS EXPERIMENTA Y JAPÓN DESARROLLA

Aunque en cualquier economía de mercado conviven la organización corporativa y el mercado, las formas en las que estos dos elementos actúan y su importancia relativa en el conjunto de la economía varía de unos países a otros. Cualquier economía de mercado es una combinación de dos mecanismos: el de asignación (jerárquica) de recursos en las organizaciones y el de mercado.

En una organización corporativa, los recursos se asignan a los miembros por medio del mecanismo de la autoridad jerárquica y la coordinación. En el mercado, el mecanismo de la competencia y los precios regula la relación entre oferta y demanda y distribuye los recursos entre los participantes. Los dos mecanismos pueden variar con

el tiempo y de unos países a otros en sus detalles prácticos y en los patrones de conducta básicos de sus integrantes.

Si comparamos Estados Unidos y Japón en cuanto a la combinación entre organización y mercado que se da en la economía, numerosas investigaciones, respaldadas por los datos simplificados, parecen indicar que Japón es una economía de mercado más orientada a la organización y que Estados Unidos, en cambio, es una economía más orientada al mercado. Por ejemplo, en el mercado japonés de los bienes de producción intermedios, los compradores y los vendedores suelen mantener relaciones transaccionales de larga duración y en muchos casos desarrollan colaboraciones estables para la innovación. La relación que se da en las transacciones de las piezas para coches en el sector automovilístico de Japón es un ejemplo típico de esta situación y se denomina con frecuencia relación *Keiretsu*. En el mercado de piezas para autos de Estados Unidos, en cambio, lo normal es que se den relaciones más breves y que se guarden más las distancias. En una ocasión describí el patrón del mecanismo de mercado caracterizado por esta estrecha relación como mercado *organizacional* (un tipo de mecanismo de mercado con ciertos rasgos del mecanismo organizacional), por contraste con los mercados estadounidenses, en los que se da una mayor libertad competitiva.

De ello se desprende que Japón ha de ser mejor en la dinámica de acumulación del conocimiento y que Estados Unidos lo será en la de utilización del conocimiento. Y parece, ciertamente, que así es, si nos guiamos, entre otras cosas, por las naturalezas dispares de las actividades de innovación de los dos países. Estados Unidos es el país de los experimentos industriales y Japón, el del cultivo o el desarrollo industrial.

De hecho, Estados Unidos parece el lugar idóneo para diversas actividades experimentales dirigidas a poner en marcha una nueva empresa o un nuevo modelo empresarial en muchos sectores. Con el fin de suministrar recursos a estos experimentos, tanto el mercado de capital como

el de trabajo norteamericanos son muy dinámicos y cuentan con una gran cantidad de capital riesgo y un importante mercado de oferta pública para las nuevas compañías. Atraídos por esos mercados, el capital y la mano de obra fluyen a Estados Unidos desde todos los rincones del mundo, como sucede en Silicon Valley.

A lo largo de la historia se han dado numerosos episodios en los que Estados Unidos ha desempeñado un papel muy dominante en las primeras etapas de la comercialización de una innovación. Incluso si limitamos el alcance de nuestro análisis a los últimos cuarenta años, en los que Japón se ha acercado a Estados Unidos en cuanto a potencia industrial, este último país fue el líder indiscutible en campos como los semiconductores, las pantallas de cristal líquido, la tecnología de la información y la biotecnología, entre otros.

Japón no se ha quedado demasiado rezagado en lo tocante al desarrollo de algunos sectores una vez plantada la semilla. Tanto en los semiconductores como en las pantallas de cristal líquido, Japón ha liderado el mundo en diversas etapas del desarrollo industrial, una vez completada la fase experimental inicial y cuando el ritmo de la innovación tecnológica ya ha madurado. Otro ejemplo histórico es el de los automóviles. Japón está aventajando a Estados Unidos como actor principal de este sector, creado en Norteamérica hace tantos años. En este proceso, el sistema *Keiretsu* japonés de cooperación entre empresas, una especie de *mercado organizacional*, ha desempeñado un papel crucial.

¿Por qué puede Estados Unidos seguir actuando de este modo? La dinámica de utilización del conocimiento norteamericana parece seguir activa y a pleno rendimiento incluso en nuestros días, y Google es uno de los ejemplos más recientes. Como ya se ha señalado, cualquier utilización de conocimiento presupone una acumulación de conocimiento previa. Sin acumulación, no hay nada que se pueda utilizar. En tal caso, ¿de dónde procede la acumulación de conocimiento que nutre la dinámica de utilización del

conocimiento en Estados Unidos? Tal vez ya no se deba tanto como antes a la acumulación de las organizaciones corporativas norteamericanas. El famoso Bell Lab, por ejemplo, desapareció tras la división de AT&T, y se dice que el Watson Research Center de IBM está lejos de sus días de gloria.

Hay al menos dos fuentes de acumulación del conocimiento que las compañías y los emprendedores estadounidenses pueden usar. Una es la base de conocimientos abierta almacenada en las universidades americanas. La otra es la acumulación de conocimiento que se realiza en otros países, tanto en las organizaciones corporativas como en las no corporativas. Estados Unidos puede aprovechar y atraer esas fuentes de acumulación que se encuentran fuera de sus fronteras nacionales.

ESTADOS UNIDOS COMO ESCENARIO DE MERCADO DEL MUNDO

Uno de los pilares más característicos del sistema económico americano parece residir en su carácter abierto. Una de las formas obvias que las empresas americanas tienen de sacar partido de esta naturaleza abierta es ampliar el alcance de la base de conocimientos a la que tienen acceso. De hecho, las empresas norteamericanas son desde hace algún tiempo mucho más activas en el uso de fuentes internacionales para su base de conocimientos, ya sea en la forma de actividades de I+D extranjeras o invitando a miembros de universidades de otros países a diversas organizaciones, universidades o compañías estadounidenses. En cierto modo, esto refleja un esfuerzo por ampliar la base de conocimientos abierta disponible para las empresas americanas.

Otra práctica de ampliación de la base de conocimientos abierta consiste en contar dentro de Estados Unidos con centros de nuevas actividades empresariales de innovación que puedan funcionar como mercados, como por ejemplo Silicon Valley. La existencia de estos mercados atrae a muchas personas de todo el mundo, que se trasladan hasta esos lugares y traen con ellas todo

su conocimiento acumulado. Gente de muchos rincones del planeta acude en masa al territorio norteamericano para aprovechar su acumulación de conocimiento en el escenario de mercado que proporciona Estados Unidos. En cierto sentido, Estados Unidos explota esa gran base de conocimientos abierta existente en el mundo ofreciendo el mercado que anima a quienes poseen el conocimiento fuera de las fronteras americanas a ir al país y participar.

Como ya hemos mencionado, esto es posible en parte gracias a la existencia en Estados Unidos de un mercado de trabajo muy dinámico y de un mercado de capital riesgo muy activo. Hay, sin embargo, otras tres condiciones básicas que han permitido que Estados Unidos se convierta en el escenario de mercado del mundo.

La primera condición es que el idioma nativo de Estados Unidos, el inglés, es la *lingua franca* del planeta, una condición que el país debe al Imperio Británico. Personas de otras partes del mundo pueden venir a Estados Unidos sin temor a las barreras idiomáticas, siempre y cuando puedan hablar al menos un inglés básico. La segunda condición es que el dólar americano es la divisa clave en el contexto internacional. Las personas que ganan dinero usando el sistema de mercado norteamericano no tienen que preocuparse en exceso por el valor internacional de lo obtenido, o al menos así era hasta la quiebra de Lehman. La tercera condición es que Estados Unidos es un país de inmigrantes no solo por su origen, sino también por su política de inmigración actual. Norteamérica es, pues, un crisol en el que se mezcla gente con orígenes étnicos muy diferentes y al que cualquier persona puede llegar desde cualquier lugar del mundo. Quienes vienen a Estados Unidos no tienen que preocuparse demasiado por su origen.

En cierto modo, Google es un buen ejemplo de la forma en que Estados Unidos atrae conocimiento que originalmente se ha acumulado en otros lugares del mundo. Sergei Brin llegó a Estados Unidos a la edad de seis años procedente de la Unión Soviética, donde su padre era profesor

de matemáticas en una de las principales universidades. Siguiendo la tradición familiar, el padre educó a su hijo para que se convirtiera en matemático, utilizando para ello el conocimiento acumulado en el sistema universitario de la Unión Soviética. El resto ya es historia.

No hay ningún otro país que pueda emular actualmente estas tres condiciones —idioma, divisa y origen étnico—. Se trata de una situación muy especial y exclusiva de Estados Unidos, debida a unas circunstancias históricas y étnicas que no se dan en ningún otro país. Y es esa coyuntura tan especial la que hace posible que Estados Unidos mantenga su dinámica de utilización del conocimiento.

UN ÉNFASIS ADECUADO EN LA ACUMULACIÓN DE CONOCIMIENTO ORGANIZACIONAL

En cierto modo, el caso de Estados Unidos es único, la excepción y no la regla. Si otros países tratan de reproducir el *glamour* de la dinámica de utilización del conocimiento al estilo americano e intentan, por ejemplo, desarrollar su propio Silicon Valley sin acompañarlo con un esfuerzo importante por impulsar la dinámica de acumulación del conocimiento dentro de sus fronteras nacionales, lo más probable es que fracasen. La utilización del conocimiento no puede funcionar si antes no se produce la acumulación.

Tras la dinámica de utilización del conocimiento de Estados Unidos subyace un mecanismo de mercado especialmente activo. Los economistas suelen sobrevalorar los méritos del mecanismo de mercado. Y tras la caída, en la década de 1990, del comunismo y de la economía dirigida estatalmente, la ideología norteamericana parece haber arrasado en el mundo.

Una cosa es usar el mecanismo de mercado para asignar recursos en una economía estable en la que la base de conocimientos o de tecnología no cambia en exceso; la teoría básica de una economía de mercado casi siempre presupone un conjunto tecnológico dado. Otra cosa muy distinta, sin embargo, es creer en demasía en el mecanismo de mercado cuando se estudia la forma de

ampliar la base de conocimientos de la sociedad por medio de la acumulación de nuevo conocimiento, como sucede en el caso de la innovación. ¿Quién acumulará el conocimiento si la mayoría de los actores económicos están ocupados tratando de utilizar lo que ya saben?

Además, cuando la dinámica de utilización gana terreno, la dinámica de acumulación puede reducirse. La dinámica de utilización será más activa (es decir, crecerá) si existen fuentes de conocimiento a las que las corporaciones puedan recurrir para la utilización. A menudo, las organizaciones desarrollan dependencia con respecto a bases de conocimientos abiertas ajenas a las propias corporaciones. Este aumento de la dependencia externa puede tener un impacto negativo en los esfuerzos de la organización corporativa por acumular conocimiento interno, porque sus miembros pueden considerar que usar el conocimiento externo es más rentable que invertir para promover la acumulación de conocimiento interna. Dado que las corporaciones desempeñan un papel fundamental para la acumulación de conocimiento en la sociedad a través de sus iniciativas internas de I+D, un incremento de su dependencia externa implica que la dinámica de acumulación de la sociedad como conjunto experimenta una contracción.

La innovación es esencial para el crecimiento económico, ya sea en una economía nacional o en una regional. Debemos estudiar a fondo el mecanismo que permite que la innovación sea más activa en el conjunto de la economía. Como ya hemos subrayado, la organización acumula y el mercado utiliza. Además, existen tendencias que sobrevaloran la importancia del mecanismo de mercado, hasta el punto de olvidar la trascendencia del mecanismo organizacional. Debemos prestar la atención necesaria al mecanismo de acumulación de conocimiento organizacional tanto en las organizaciones corporativas como en las no corporativas. Un planteamiento excesivamente orientado al mercado puede ir en detrimento de una ruta de innovación sostenible para la economía y para la sociedad en su conjunto.

BIBLIOGRAFÍA

- CHESBROUGH, H. (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Cambridge: Harvard Business School Press.
- CRINGELY, R. (1992), *Accidental Empire: How the Boys of Silicon Valley Make Their Millions, Battle Foreign Competition, and Still Can't Get a Date*, Addison-Wesley.
- IMAI, K., e H. ITAMI (1984), «Interpenetration of Market and Organization», *International Journal of Industrial Organization*, diciembre de 1984.
- ITAMI, H. (1994), «The "Human-Capitalism" of the Japanese Firm as an Integrated System» en Imai y Komiya (eds.), *Business Enterprise in Japan*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- ITAMI, H., y T. ROEHL (1987), *Mobilizing Invisible Assets*, Cambridge MA: Harvard University Press.
- ITAMI, H., K. KUSUNOKI, T. NUMAGAMI et al. (eds.) (2010), *Dynamics of Knowledge, Corporate Systems and Innovation*, Nueva York: Springer.
- WILLIAMSON, O. (1975), *Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications*, Free Press.

BBVA

Innovación dentro y fuera de la empresa: cómo fomentan los mercados de tecnologías la innovación abierta

Alfonso Gambardella
Università Bocconi, Milán

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha prestado una atención considerable al fenómeno de la *innovación abierta* (Chesbrough, 2003). Explicado en pocas palabras: la innovación ya no se produce de forma casi exclusiva en el interior de la empresa, sino que puede desarrollarse, además, en numerosos espacios fuera de ella. Las fuentes de innovación abierta son diversas y, entre ellas, una muy conocida es la de los desbordamientos de conocimiento, que consisten en el aprovechamiento por las empresas de conocimiento o información de terceros o, como lo expresó Marshall, que se encuentra «en el aire». Últimamente se ha producido un auge del fenómeno denominado *código abierto*, mediante el cual el conocimiento y la información son distribuidos libremente por sus creadores, en un contexto en el que la producción y la distribución de conocimientos se rigen por normas bien establecidas (Lerner y Tirole, 2002). Una forma *antigua* de código abierto es la ciencia abierta, la cual, asimismo, se basa en normas claras de producción y difusión de conocimientos (Dasgupta y David, 1994). La ciencia abierta y, en particular, la proximidad de las empresas a la universidad u otras instituciones científicas, se ha considerado en sí misma una fuente de desbordamientos (Alcacer y Chung, 2007).

Si bien los desbordamientos de conocimiento y el código abierto (o ciencia abierta) tienen una indudable importancia como fuentes de innovación abierta, este trabajo se centra en la adquisición o distribución de conocimiento que depende de un mecanismo económico estándar, esto es, el de las fuerzas del mercado. A diferencia de los desbordamientos y el código abierto, que implican un intercambio de conocimientos basado en fuerzas o normas ajenas a los mercados, en el caso que nos ocupa el intercambio de conocimientos tiene lugar a cambio de una remuneración, en cualquiera de las diversas formas que puede adoptar, como, por ejemplo, derechos de licencia, participación en beneficios, acuerdo de codesarrollo o suministro de recursos para la innovación. Pero, sea cual sea la forma de remuneración elegida, lo que distingue esta fuente de las otras es que, en este caso, el conocimiento pasa a ser objeto de comercio. Como se verá más adelante, esta actividad comercial es más complicada que la realizada con los productos habituales y tiene muchas más limitaciones. No obstante, no solo es posible, sino que ha ido adquiriendo cada vez más relevancia en los últimos años.

En este capítulo se analizará la noción de comercio tecnológico en un sentido amplio. Además del ejemplo clásico del contrato de licencia, por el que una empresa vende tecnología a

otra a cambio del pago de una contraprestación económica, existen otras formas más complejas de adquisición de tecnología, en particular las alianzas y otros tipos de acuerdos de colaboración para el desarrollo de actividades de innovación. Se mantendrá deliberadamente la ambigüedad en esta definición a fin de que el lector pueda interpretar el comercio tecnológico como prefiera.

La razón de que centremos nuestra atención en estas fuerzas del mercado es doble. En primer lugar, como se ha indicado, su aparición es reciente. Por ejemplo, de 1980 a 2003 en los países del G8, las cantidades abonadas e ingresadas por adquisición de tecnología se incrementaron anualmente en un promedio del 10,7% y alcanzaron un volumen anual aproximado de 190.000 dólares USA en 2003 (OCDE, 2006). Arora *et al.* (2001) y Arora y Gambardella (2010a y 2010b) proporcionan datos sistemáticos adicionales que corroboran esas tendencias. En segundo lugar, los mercados son, en general, un centro importante de crecimiento económico. No cabe duda de que buena parte del conocimiento se difunde hoy a través de fenómenos como los desbordamientos, el código abierto o la ciencia abierta y en este trabajo no es mi intención discutir o reivindicar la superioridad del mecanismo del mercado frente a esas otras fuentes. No obstante, la formación de mercados del conocimiento, o de mercados de tecnologías, es crucial para muchos aspectos del crecimiento del conocimiento, su difusión o la capacidad de las empresas para utilizar el conocimiento cada vez más eficazmente como recurso. Crean, sobre todo, nuevas opciones estratégicas para las empresas, ya que estas pueden decidir si comprar, crear o vender tecnología. Sin estos mercados, la única opción estratégica para los innovadores de productos sería generar su propia tecnología, y para los creadores de tecnología, invertir en los activos necesarios para vender el producto que incorpora la tecnología.

El objetivo de este trabajo es estudiar los factores que hacen posible la formación de

los mercados de tecnologías y los límites a su desarrollo, aunque también se examinarán algunas de sus implicaciones para la estructura de la industria y la estrategia empresarial. Más específicamente, el artículo está organizado como sigue. La sección siguiente ofrece una descripción general de la naturaleza y los límites de los mercados de tecnologías. A continuación se tratan las consecuencias que la inexistencia de estos mercados puede tener para los activos y, en especial, lo que podrá observarse cuando se formen estos mercados. En la cuarta sección se plantean las tres principales limitaciones a la formación de mercados de tecnologías: una limitación cognitiva, es decir, la que produce en las transacciones de conocimiento la dificultad para identificar el objeto del intercambio; una limitación en cuanto al coste de la transacción, por cuanto se necesitan instituciones adecuadas para que estos mercados funcionen; y una limitación relativa al tamaño del mercado, pues el conocimiento tiene propiedades especiales y solo en algunas condiciones un conocimiento determinado tiene un mercado lo suficientemente grande como para justificar su comercialización. En la conclusión se analizan algunas repercusiones para la estructura de la industria y la estrategia empresarial.

Este artículo utiliza parte de las investigaciones que, sobre este tema, he llevado a cabo con Ashish Arora y Andrea Fosfuri. En él presento un resumen de algunos de los principales aspectos e implicaciones de nuestro trabajo. Sin que con ello quiera atribuirles ninguna responsabilidad por los defectos o limitaciones que puedan encontrarse en este capítulo, animo al lector interesado a leer los trabajos de Arora *et al.* (2001a) o de Arora y Gambardella (2010a y 2010b), en los que se estudian más extensamente algunas de las cuestiones que se abordan en estas páginas.

ANTECEDENTES

El intercambio de tecnología entre partes independientes no es un fenómeno nuevo. En una serie de artículos, Lamoreaux y Sokoloff (1996

“Todavía a mediados del siglo XX muchas grandes empresas recurrían a fuentes externas de ideas, especialmente en el extremo inicial del espectro de conocimientos. Mueller (1962), por ejemplo, documenta que un buen número de las invenciones de primer orden de las que Du Pont era titular en la primera mitad del siglo XX procedía de ideas que Du Pont adquirió a inventores externos o empresas más pequeñas”

y 1999) estudian la existencia de un mercado activo de patentes en Estados Unidos en el siglo XIX. Los inventores, por lo general, creaban tecnologías que luego vendían a empresas que las desarrollaban y utilizaban para la fabricación y comercialización de productos, o las empleaban en procesos. Resulta interesante comprobar que Lamoreaux y Sokoloff también documentan la existencia de servicios e instituciones en apoyo de la comercialización de tecnología, y cuya presencia es habitual cuando existe un mercado. Encontramos en la época, por ejemplo, abogados de patentes que prestaban sus servicios tanto a inventores como a empresas en sus relaciones

comerciales; revistas especializadas o publicaciones especiales que proporcionaban información sobre las tecnologías que se vendían; y la propia oficina de patentes desempeñaba un papel fundamental en este intercambio, ya que certificaba la titularidad y el carácter novedoso de la invención.

Como ya observaron Lamoreaux y Sokoloff, el mercado estadounidense de patentes sufrió un fuerte retroceso alrededor de la década de 1920. Un motivo importante para ello fue que el desarrollo de tecnologías se hizo demasiado arriesgado y complejo para ser controlado por los propios inventores; requería, por ejemplo, un equipo costoso que los inventores, o sus pequeñas empresas, no podían pagar. Otro motivo, relacionado con el primero, fue que el conocimiento en sí se hizo más complejo e interdisciplinar, lo que exigía la contribución de especialistas en muchos campos. En consecuencia, los inventores empezaron a ser contratados cada vez más por empresas de mayor dimensión, las cuales, al mismo tiempo, comenzaron a hacerse lo suficientemente grandes como para soportar los costes y los riesgos crecientes de la innovación.

Sin embargo, todavía a mediados del siglo XX muchas grandes empresas recurrían a fuentes externas de ideas, especialmente en el extremo inicial del espectro de conocimientos. Mueller (1962), por ejemplo, documenta que un buen número de las invenciones de primer orden de las que Du Pont era titular en la primera mitad del siglo XX procedía de ideas que Du Pont adquirió a inventores externos o empresas más pequeñas. Arrow (1983) elabora una teoría sobre este punto. Según sus observaciones, grandes y pequeñas empresas tienen ventajas comparativas en diferentes tipos de innovación o en diferentes etapas de la actividad innovadora. En las grandes empresas existe una distancia organizativa mayor entre el inventor y el directivo responsable de financiar la innovación, lo que significa que las empresas financian únicamente proyectos en los que no es excesiva la información asimétrica entre los directivos y los inventores. Sin

embargo, esta menor información asimétrica es típica de proyectos para los que existe un conocimiento y una información abundantes, es decir, aquellos que son menos arriesgados e innovadores. Cuando los proyectos son especialmente innovadores es más probable que el inventor disponga de más información que el directivo y, en ese caso, lo normal es que el directivo (o el financiador externo) asuma un mayor riesgo con su financiación. Las empresas más pequeñas, o incluso empresas fundadas por el inventor, presentan una distancia organizativa menor, lo que resta gravedad al problema de la información asimétrica. Al mismo tiempo, empresas más grandes cuentan con un mayor número de recursos internos para financiar proyectos e invenciones a mayor escala. Esto es típico en la última fase del desarrollo de innovaciones o ideas iniciales, o de proyectos de investigación más básicos que requieren una considerable inversión en equipos o recursos a gran escala. Como resultado de ello, las empresas pequeñas se especializan en el desarrollo de proyectos más arriesgados que exigen un número más limitado de recursos, mientras que las grandes empresas se especializan en proyectos a mayor escala, ya sea en el tramo superior o inferior de la cadena de valor. Dadas las complementariedades entre estos dos tipos de proyectos, Arrow concluye que «un mercado de empresas», en el que las empresas más grandes compran los pequeños negocios que producen ideas nuevas, puede hacer más eficientes a nuestras economías mediante la división del trabajo en la innovación basada en las ventajas comparativas.

Teece (1988) analiza los motivos de que un mercado de servicios de investigación y desarrollo (I+D) pueda encontrarse con serias limitaciones. Postula que las interdependencias entre tareas en el proceso de innovación, y la lógica de incertidumbre asociada al desarrollo y la comercialización de innovaciones, crean al menos tres fuentes de costes de transacción. La primera, la dificultad de proporcionar especificaciones detalladas de los requisitos de las tareas desde

“Las empresas pequeñas se especializan en el desarrollo de proyectos más arriesgados que exigen un número más limitado de recursos, mientras que las grandes empresas se especializan en proyectos a mayor escala, ya sea en el tramo superior o inferior de la cadena de valor”

el comienzo del proceso de innovación. Estas especificaciones van definiéndose con mayor precisión a medida que se va avanzando en el proceso y por ello, los contratos, que han de formalizarse al principio, resultan en gran parte incompletos y exponen a una parte al comportamiento oportunista de la otra. La segunda se produce cuando una empresa desarrolla una relación muy estrecha con un proveedor de tecnología y la interdependencia que se crea puede acabar produciendo costes hundidos y, en último término, gastos y problemas si se desea cambiar de proveedor. Por último, la necesidad de comunicar información antes de la firma del contrato a los proveedores aspirantes puede obligar a las empresas a compartir valiosa información exclusiva e incrementa el riesgo de que los competidores descubran sus planes de I+D.

Según la conclusión de Teece (1988), estas razones explican por qué la creación, el desarrollo y la comercialización de productos y procesos nuevos han sido actividades tradicionalmente

confinadas al interior de la empresa. Esta conclusión coincide con la opinión clásica de Grossman y Hart (1986) y Hart y Moore (1990), quienes argumentan que la integración vertical, y el poder que confiere, ayuda a resolver los problemas del comportamiento oportunista que puede producirse cuando los contratos son incompletos. En el caso de la innovación, eso significa que la empresa puede especificar y organizar las acciones de los diversos participantes en el proceso de innovación durante su desarrollo. En una línea semejante, Arrow (1975) elabora un modelo que muestra que uno de los factores determinantes de la integración vertical es la información asimétrica relativa a la calidad del suministro. De igual modo, formar parte de la misma organización ayuda a los distintos especialistas a adquirir un mejor conocimiento de los respectivos problemas y necesidades, compartir objetivos y creencias comunes y adoptar un mismo lenguaje (Arrow, 1974). Todo ello facilita la colaboración y el intercambio de información y aumenta la productividad del proceso de innovación.

Teece (1988) señala asimismo que el problema es más grave cuando se trata de tecnologías más complejas, como las tecnologías sistémicas que requieren profundas interdependencias entre numerosas actividades, en comparación con innovaciones más autónomas. Reconoce, pues, que las ventajas de integrar las actividades de innovación dentro de la misma organización pueden variar en función de los sectores y las tecnologías de que se trate. Sin embargo, proporciona numerosos ejemplos para demostrar que la falta de una integración adecuada de la I+D con las actividades de fabricación y comercialización conduce a un rendimiento deficiente en el campo de la innovación. En suma, la perspectiva de Teece (1988) ofrece el soporte teórico lógico para el debate que se puede encontrar, por ejemplo, en Chandler (1990), quien afirma que, históricamente, la ventaja de las grandes empresas integradas ha sido su capacidad para realizar inversiones sistemáticas en la triple vertiente de I+D, producción y comercialización.

LOS EFECTOS DE LOS ELEVADOS COSTES DE TRANSACCIÓN EN LOS MERCADOS DE ACTIVOS EMPRESARIALES

Para comprender mejor las implicaciones de los mercados de tecnologías resulta de utilidad comenzar con un análisis más general de las consecuencias de los elevados costes de transacción en los mercados de activos empresariales. En líneas generales, constituyen estos activos la tecnología; los conocimientos, los equipos y las instalaciones necesarios para la producción; una fuerte reputación de marca; el capital humano; las redes de proveedores, y unos canales de comercialización consolidados.

Según la teoría de recursos de la empresa, para que sean una fuente de rendimiento continuo superior, los recursos deben cumplir tres criterios: deben ser valiosos, escasos e imperfectamente móviles o transferibles (Barney, 1991; Peteraf, 1993; Markides y Williamson, 1996). En otras palabras, una ventaja competitiva debe sustentarse en recursos de los que no existen o no pueden existir mercados estables o cuyos costes de transacción son elevados. De este modo, la empresa crea una ventaja competitiva sostenible gracias al acceso a activos a los que sus competidores no pueden acceder. Barney (1986) observa que la posesión de estos activos debe tener sus raíces en imperfecciones del mercado de factores estratégicos, es decir, el mercado en el que se negocian los factores utilizados para crear esos activos, y estas imperfecciones en última instancia se producen por las diferencias en las expectativas que las empresas tienen sobre el valor futuro de los activos (Barney, 1991). Por su parte, Dierickx y Cool (1989) afirman que no todos los activos que se necesitan para mantener una ventaja competitiva pueden comprarse y venderse, y que esos activos deben acumularse internamente a través de una serie de mecanismos a lo largo de un periodo de tiempo. De igual forma, gran parte de los estudios sobre estrategia tecnológica ha abordado el problema suponiendo implícita o explícitamente que los activos tecnológicos no pueden comprarse y venderse

directamente y que los servicios de dichos activos no pueden ser *alquilados*. En el contexto del análisis que realizamos en este capítulo una pregunta interesante que podemos hacernos es qué sucede cuando algunos activos que no eran comercializables pasan a ser, de pronto, objeto de comercio.

La consecuencia inmediata de la inexistencia de un mercado tecnológico, o de la existencia de uno muy imperfecto, es que el innovador debe encontrar las fuentes de la tecnología principalmente en el interior de la propia empresa. Es decir, para poder obtener el beneficio de la tecnología (o, más bien, de sus servicios) debe estar incorporada a bienes y servicios para su comercialización. Estos bienes y servicios deben tener costes inferiores, o venderse a precios superiores, para que generen rentas superiores a la tasa competitiva de rentabilidad, es decir, se obtengan cuasi rentas.

Imaginemos una empresa que ha desarrollado una nueva tecnología que reduce costes en la fabricación de un producto determinado. Para extraer valor a esa tecnología, la empresa debe utilizarla en la fabricación del producto. No solo es necesario que la empresa tenga acceso a los activos complementarios (tales como terrenos y equipos físicos o canales de comercialización), sino que la rentabilidad dependerá también del volumen que la empresa pueda fabricar y vender. Si los activos complementarios no se negocian en un mercado competitivo, o si el acceso de las empresas a estos activos varía de unas a otras, las empresas que tengan mayor acceso a estos activos complementarios podrán obtener mayor valor de esa tecnología. De igual modo, las empresas que puedan explotar la tecnología a mayor escala podrán obtener asimismo mayor valor (Cohen y Klepper, 1996; Klepper, 1996).

Continuando con el razonamiento: las empresas de mayor tamaño o las empresas con un mayor acceso a activos complementarios estarán más dispuestas a invertir de entrada en la tecnología. Es más, las empresas que inviertan en tecnología harán bien en invertir también en

los activos complementarios que no puedan ser adquiridos fácil y eficientemente en el mercado. En otras palabras, las empresas, como dice Teece (1986), deben invertir en la creación de activos coespecializados para maximizar las rentas generadas por el desarrollo de nueva tecnología. En definitiva, ante la inexistencia de un mercado tecnológico, a menudo una empresa deberá adquirir otros activos para poder obtener beneficios de la tecnología. Si estos otros activos son, a su vez, caros y con poco mercado, las empresas bien capitalizadas, grandes e integradas que posean dichos activos se sentirán más inclinadas a invertir en el desarrollo de nuevas tecnologías (Nelson, 1959). Por el contrario, las empresas de menor tamaño deberán hacer frente a mayores obstáculos en el desarrollo y la comercialización de tecnología.

La situación es totalmente diferente cuando el activo se puede vender o alquilar. No es necesario que el desarrollador de tecnología tenga en propiedad o incluso acceda directamente a los activos complementarios. La importancia relativa de los activos complementarios dentro de los límites de cada empresa disminuye en proporción a la existencia de dichos activos en el conjunto del sector o del mercado. Resulta evidente que los costes o los factores de transacción pueden incrementar el coste de adquisición de los activos complementarios en el exterior en comparación con los que se poseen internamente, incluso cuando existen esos mercados. No obstante, a medida que disminuye la importancia de las imperfecciones, la existencia de los activos complementarios en el mercado o el sector, por utilizar la terminología de Teece, puede compensar la falta de dichos activos en la empresa.

Por último, la existencia de un mercado proporciona al innovador —la empresa que ha desarrollado nueva tecnología— más opciones. En lugar de incorporar una tecnología recién desarrollada en bienes y servicios, la empresa puede optar por vender o ceder mediante licencia su tecnología a otros, o puede decidir comprarla a proveedores externos en lugar de desarrollarla

“La consecuencia inmediata de la inexistencia de un mercado tecnológico, o de la existencia de uno muy imperfecto, es que el innovador debe encontrar las fuentes de la tecnología principalmente en el interior de la propia empresa”

por sí misma. No significa esto que las empresas solo vayan a adquirir tecnologías a fuentes externas. Empresas de primer orden seguramente optarán por mantener un adecuado equilibrio entre la adquisición externa y el desarrollo interno de tecnologías, aun cuando para empresas con menor capacidad tecnológica propia, la existencia de fuentes externas de tecnología puede resultar crítica para la mejora de su capacidad para fabricar y vender productos más innovadores. Asimismo, un mercado de activos tecnológicos no significa que las empresas innovadoras vayan a convertirse en empresas dedicadas meramente a la concesión de licencias, aunque algunas pequeñas (y no tan pequeñas) empresas hayan tenido éxito como proveedores especializados de tecnología. En realidad, la estrategia apropiada en presencia de mercados de tecnologías depende de la eficiencia de los mercados de otros tipos de activos, incluidos los financieros.

Por otra parte, cuando se analiza el modo en que un mercado tecnológico condiciona las estrategias, debe tenerse en cuenta otra fuerza a nivel sectorial. Los mercados, en particular los mercados eficientes, son grandes niveladores.

Como se verá más adelante, en la Conclusión, un mercado tecnológico rebaja las barreras de entrada e incrementa la competencia en el mercado del producto, lo que a menudo implica un replanteamiento de las estrategias existentes en ese momento. A su vez, eso supone que cuando existe, y funciona bien, un mercado para un activo, este activo no puede ser fuente de una ventaja competitiva sostenible y las empresas han de buscar en otra parte para conseguir esa ventaja sobre sus competidores. Esta es una consecuencia importante de los mercados de tecnologías. Cuando existen, la tecnología no puede quedar sujeta a ningún tipo de exclusividad, aunque el área que probablemente sí conservará su naturaleza exclusiva sea el conocimiento de clientes y mercados y los activos que relacionan estos mercados y clientes a una empresa específica frente a sus competidores. Este conocimiento, y los activos subyacentes, depende de que se realice un volumen considerable de inversiones y de la acumulación de una buena cantidad de experiencia en estos mercados y clientes. Mientras los mercados de esos activos sigan siendo más imperfectos que los mercados tecnológicos, es posible que las capacidades de comercialización, la información relativa a mercados y otros activos de la fase final de la cadena de producción resulten mejores fuentes de ventajas diferenciales frente a los competidores.

LÍMITES Y OPORTUNIDADES EN EL CRECIMIENTO DE LOS MERCADOS DE TECNOLOGÍAS

Incertidumbre y limitaciones cognitivas

Un límite importante al crecimiento de los mercados de tecnologías son las considerables incertidumbres que suscita el objeto de intercambio fundamental: el conocimiento o la tecnología. Esta situación se da especialmente cuando la tecnología no está codificada, sino integrada en personas o máquinas, y se basa sobre todo en la experiencia más que en principios generales, como es el caso, por ejemplo, de las mejoras en un proceso de producción o en un servicio, que pueden ser difíciles de definir y

codificar con precisión. En esos casos, el objeto de la transacción no estará, de entrada, bien delimitado y esta ambigüedad hará más difícil la comercialización del proceso mejorado.

Como Arora y Gambardella (1994) han argumentado, el incremento en el grado en que las tecnologías industriales se basan en la ciencia (incluidas las ingenierías) y el uso de instrumentos y ordenadores avanzados están reduciendo la proporción de tecnología *inarticulable*. Gracias a los avances en la informática, incluso en el *software*, muchos problemas técnicos (en el sector del diseño, los semiconductores, la biotecnología y otros muchos) pueden determinarse de forma lógica (por ejemplo, con lenguaje matemático) y capturarse en *software*. Existen, además, sinergias útiles con patentes que facilitan las transacciones de tecnología. La tecnología codificada es más fácil de patentar y, a la inversa, la mayor apreciación que se está dando en la actualidad hacia los derechos de propiedad industrial e intelectual fomenta la codificación de innovaciones.

Las dificultades, sin embargo, no son solamente contractuales. También resulta difícil averiguar quién tiene la tecnología que necesitamos y el precio al que puede estar disponible, si lo está. Conocer lo que tienen y cómo utilizarlo agrava el problema. Al vendedor, por su parte, también le puede resultar complicado identificar a los posibles compradores y, una vez identificada una parte interesada, puede resultar no menos problemático llegar a un acuerdo sobre el precio. Además, las nuevas tecnologías están a menudo rodeadas de incertidumbre comercial (Rosenberg, 1996). En pocas palabras, es difícil saber qué aplicaciones puede tener la tecnología, lo que eleva los costes de búsqueda de compradores y proveedores, obliga a plantear consideraciones sobre valores opcionales y no valores reales y somete las posibles transacciones a las distintas formas de sesgo que pueden darse en las situaciones de incertidumbre. El resultado final es que las transacciones de tecnología son más imperfectas y difíciles de llevar a cabo.

“La tecnología codificada es más fácil de patentar y, a la inversa, la mayor apreciación que se está dando en la actualidad hacia los derechos de propiedad industrial e intelectual fomenta la codificación de innovaciones”

¿Son las patentes una solución a las limitaciones contractuales en la comercialización de la tecnología?

La limitación formulada por Teece (1988), a la que nos hemos referido con anterioridad, apunta fundamentalmente a una limitación en nuestra capacidad de elaborar contratos cuyo objeto no esté bien definido, como es el caso del conocimiento o la tecnología. La solución que ofrece Arrow (1962) al problema clásico del intercambio de información es recurrir a la protección de la propiedad industrial. Bajo su amparo, el vendedor podrá revelar los detalles a los posibles compradores y reducirá, al mismo tiempo, las ineficiencias generadas por los contratos incompletos. Esta estrecha relación que se establece entre las patentes, el mercado tecnológico y la especialización en la invención se refleja en las tendencias observadas en la actividad patentadora y las medidas del mercado tecnológico. Lamoreaux y Sokoloff señalan que la actividad patentadora per cápita en Estados Unidos creció durante el siglo XIX y alcanzó su nivel máximo a principios del XX, decayendo en intensidad a partir de ese momento y reflejando estrechamente las tendencias en las actividades de los

inventores y en las operaciones con patentes. En la segunda mitad de la década de 1980 la obtención de patentes por unidad de inversión en I+D en Estados Unidos cambió de tendencia y comenzó a aumentar, casi al mismo tiempo que se produjo el resurgimiento de los mercados de tecnologías (Arora y Gambardella, 2010a).

Desde una perspectiva teórica, Arora (1995) ofrece un modelo que clarifica algunas condiciones importantes en las que puede darse la comercialización de tecnología, y el papel de las patentes en este proceso. Numerosas transacciones de tecnología van acompañadas de la prestación de servicios complementarios —como la transmisión de conocimientos técnicos y la prestación de servicios técnicos— junto con una tecnología concreta, por ejemplo una patente bajo licencia (Taylor y Silberston, 1973; Contractor, 1981). Arora plantea en su modelo la situación en la que, junto con la tecnología, el vendedor haya de transferir igualmente unos conocimientos técnicos específicos. Dada la dificultad que supone verificar objetivamente que se está transfiriendo la totalidad de los conocimientos necesarios, el licenciante puede sentirse tentado a retener alguna parte, ya que la prestación de esos servicios resulta costosa. A la inversa, si se hubiera pactado en el contrato condicionar la realización de determinados pagos a la transmisión de conocimientos técnicos, el licenciario puede decidir dejar de pagar alegando que no se le han proporcionado los conocimientos adecuados.

El modelo muestra que estos problemas pueden solucionarse escalonando el pago al licenciante a lo largo de un periodo de tiempo y protegiendo la tecnología con derechos de propiedad industrial e intelectual. El valor que adquiere el comprador depende de la combinación de tecnología y conocimientos técnicos. Dado que, una vez facilitados los conocimientos, no se pueden recuperar, el licenciante tiene una herramienta de presión en la retirada de los derechos de utilización de la tecnología, ya que, dada su complementariedad, los conocimientos

técnicos sin una licencia de explotación de la patente ven reducido su valor. En algunos casos, el emparejamiento con otros elementos complementarios, por ejemplo el uso de maquinaria especializada, puede cumplir una función similar (Arora, 1996).

La literatura empírica ofrece datos de uno y otro cariz acerca de la relación entre protección mediante patentes y contratos de licencia de tecnología. Utilizando una muestra de 118 invenciones del Massachusetts Institute of Technology (MIT), Gans, Hsu y Stern (2002) han concluido que la presencia de patentes incrementa la probabilidad de que un inventor ceda su invento bajo licencia a una organización en lugar de comercializarlo él mismo en el mercado (véase también Decheneaux *et al.*, 2008). Según los datos aportados por Anand y Khanna (2000), en el sector químico —en el que se cree que las patentes son más eficaces— tiene lugar un mayor número de transacciones de tecnología; una mayor proporción de estas se realiza en condiciones de mercado (entre empresas no pertenecientes al mismo grupo), con licencias exclusivas; y una mayor proporción de las licencias concedidas tiene como objeto tecnologías futuras frente a tecnologías ya existentes. Por el contrario, Cassiman y Veugelers (2002) no consideran que unas patentes más eficaces animen a las empresas belgas a formalizar acuerdos de colaboración para I+D. Los datos transnacionales recogidos arrojan resultados desiguales (Arora y Gambardella, 2010a).

Arora y Ceccagnoli (2006) ofrecen una posible solución a esta evidencia empírica contradictoria. Argumentan que, cuando la concesión de licencias resulta atractiva, la protección por medio de patente facilita la formalización de licencias. No obstante, para empresas con capacidad para comercializar tecnología por sí mismas, la protección con patentes incrementa también los beneficios de la comercialización. Analizando los datos recopilados en un estudio exhaustivo de empresas con actividades de I+D en Estados Unidos, llegan a la conclusión de que

la protección con patentes incrementa la concesión de licencias, aunque únicamente entre las empresas que carecen de capacidades industriales complementarias. Hall y Ziedonis (2001) proporcionan datos similares para la industria de los semiconductores: en igualdad de condiciones, los pequeños especialistas en diseño se sienten más dispuestos a patentar y el estudio de casos prácticos parece indicar que esa decisión viene motivada por su intención de ceder su tecnología mediante licencia.

Las tecnologías de aplicación general y el tamaño de los mercados tecnológicos

Gran parte de lo visto hasta aquí se centra en los factores que afectan al coste y la eficiencia de las transacciones de tecnología. No obstante, como dijo Adam Smith, la división del trabajo tiene como límite el tamaño del mercado. Así pues, aunque se pudieran solucionar satisfactoriamente los problemas contractuales, la existencia de una verdadera división del trabajo en la producción y utilización de conocimiento y tecnologías dependería del tamaño del mercado para sus aplicaciones.

Para comprender bien esta cuestión es necesario definir mejor lo que se entiende por tamaño de mercado en el caso de la tecnología. Supongamos que un conjunto de conocimientos o una tecnología sirven exclusivamente para una única aplicación que hace una sola empresa. El carácter tan específico de esos conocimientos o de esa tecnología hará difícil que puedan *reutilizarse* para otras aplicaciones. En estos casos, el coste de I+D solo podrá imputarse al volumen de productos fabricados con esa aplicación, lo que significa que el posible proveedor no obtendrá ninguna ventaja económica de la actividad de I+D en comparación con la empresa que fabrica y vende el producto, ya que el tamaño del mercado de la tecnología no será mucho mayor que el del producto al que se aplica. Además, las ventajas comparativas del proveedor no crecerían aunque aumentara el tamaño del mercado (de ese producto y, por tanto, de esa aplicación). En

otras palabras, si un proveedor especializado se limita a un único comprador, la especialización no ofrece ninguna ventaja que pueda compensar los costes de transacción y otros costes que inevitablemente van asociados.

La especialización ofrecerá ventajas únicamente si el proveedor que incurre en los costes fijos puede trabajar con diferentes fabricantes por un pequeño coste adicional nada más. Para ello hace falta que los fundamentos de la tecnología o de los conocimientos del proveedor no sean totalmente exclusivos de determinados contextos o entornos. Es decir, que aunque la tecnología haya de ser adaptada para cada nueva aplicación o usuario, al menos partes de la tecnología y los conocimientos puedan ser reutilizadas con un coste cero o solo un pequeño coste adicional. En estas condiciones, los proveedores especializados tendrían una ventaja sobre cualquier usuario individual ya que, aunque el usuario pueda también reutilizar el conocimiento, lo hará con mucha menor frecuencia que un proveedor especializado que trabaje con un conjunto de usuarios.

En resumen, lo que queremos decir es que la probabilidad de que se formen mercados de tecnologías y aparezcan proveedores de tecnología especializados es mayor cuando las tecnologías tienen una aplicación general (Bresnahan y Trajtenberg, 1995; Rosenberg, 1976), o cuando la tecnología se basa en un «conocimiento general y abstracto» (Arora y Gambardella, 1994). Las tecnologías de aplicación general (TAG) son aquellas que tienen múltiples aplicaciones. Dado que el coste fijo asociado al desarrollo de dichas tecnologías puede amortizarse en un mayor número de aplicaciones, la eficiencia de los proveedores especializados de TAG crece al incrementarse el número de potenciales aplicaciones. De este modo, las ventajas de la especialización aparecen al incrementarse el tamaño del mercado, siempre que dicho incremento se deba a un mayor número de usuarios potenciales de la TAG y no al mayor tamaño de un usuario o una aplicación.

“Las tecnologías específicas están especialmente adaptadas —son coespecializadas— a una aplicación determinada, pero no pueden utilizarse para otras aplicaciones”

Bresnahan y Gambardella (1998) han desarrollado un modelo en el que, según postulan, el tamaño del mercado tiene dos componentes: N , que es el número de aplicaciones diferentes de una tecnología, y S , que es el tamaño medio de cada aplicación. Su intención es demostrar que cuanto mayor es N , mayor es la probabilidad de que se produzca una división vertical del trabajo: las empresas especializadas en tecnología generan TAG que suministran a los fabricantes que operan en diferentes segmentos del mercado final. A su vez, cuanto más crece S , mayor es la probabilidad de que las empresas de la fase última de la cadena de producción integren actividades con el fin de producir tecnologías específicas para sus negocios. Las tecnologías específicas están especialmente adaptadas —son coespecializadas— a una aplicación determinada, pero no pueden utilizarse para otras aplicaciones. Las TAG pueden, en cambio, utilizarse para muchas aplicaciones, pero tienen menos eficacia que una tecnología específica en cualquiera de ellas.

Lo que se desprende es que con un N elevado, un proveedor especializado de tecnología puede conseguir economías de escala en el conjunto del sector. Para ello, sin embargo, el proveedor debe producir una tecnología general que pueda ofrecer a los diferentes segmentos del mercado final. Por el contrario, con un S elevado, el mercado final de una aplicación específica es lo

suficientemente grande como para justificar una inversión de coste fijo en una tecnología especialmente diseñada para ella. De este modo, un N elevado fomenta la producción de TAG y, con ello, la explotación de economías de escala en el conjunto del sector asociadas a la amplitud del mercado final. Al contrario, un S elevado fomenta la producción de tecnologías específicas y la explotación de economías de escala en el ámbito reducido de la empresa (o la aplicación) asociadas a la profundidad del mercado final.

Bresnahan y Gambardella examinan el ejemplo del sector japonés de máquinas herramienta que ha desarrollado máquinas compactas de aplicación general para las diferentes necesidades de los pequeños fabricantes finales de muchas industrias manufactureras. Por el contrario, en Estados Unidos las máquinas herramienta están realizadas con tecnologías especializadas en gran medida en las necesidades de la gran industria del automóvil. La diferencia de enfoque no se debe a una cuestión nacional, ya que también señalan un ejemplo contrario, en el caso del *software*. En la década de 1980, el gran mercado de ordenadores personales de Estados Unidos, que suministraba a muchos tipos distintos de usuario, dio lugar a la fabricación de *software* empaquetado de uso general creado por proveedores especializados. En Japón, en cambio, había menos ordenadores personales y las máquinas de computación existentes eran, en su mayoría, ordenadores centrales propiedad de grandes empresas que los destinaban a aplicaciones especializadas. Como resultado de ello, Japón tuvo muchos grandes proveedores de *software* especializado, pero pocos fabricantes independientes de paquetes de *software*; incluso era frecuente que los usuarios desarrollaran su propio *software*.

Arora *et al.* (2009) han puesto a prueba las predicciones de Bresnahan y Gambardella utilizando datos de la industria química. En su modelo, las grandes empresas químicas —las que invierten en más de una planta— eligen entre diseñar la planta internamente o contratar a

un proveedor externo especializado en diseño y servicios de ingeniería. Las pequeñas empresas no tienen más remedio que recurrir a estas empresas especializadas de ingeniería para poder entrar en el mercado. Los autores generalizan el modelo haciendo que el número de empresas especializadas en ingeniería que operan en un mercado dependa de la demanda de sus servicios y, por tanto, de las decisiones de los compradores potenciales, es decir, las empresas químicas. En consonancia con las predicciones teóricas de Bresnahan y Gambardella (1998), concluyen que el número de empresas especializadas de ingeniería aumenta cuando el mercado crece por el incremento del número de compradores potenciales, pero no cuando la expansión del mercado se debe a un incremento del tamaño medio de los compradores.

Actualmente son cada vez más numerosos los ejemplos de tecnología de aplicación general y de desarrollo de mercados de tecnologías relacionados. Gambardella y McGahan (2010) examinan algunos de ellos, así como los modelos de negocio que siguen las organizaciones especializadas en tecnología. Por ejemplo, Maine y Garsney (2006) estudian las trayectorias de dos empresas de nanotecnología: Hyperion Catalysis y Cambridge Display Technology (CDT). Hyperion Catalysis ha desarrollado aplicaciones especiales para el fullereno, alótropo del carbono descubierto en 1985, que representa una tecnología general con muchas aplicaciones potenciales basadas en investigaciones sobre materiales de nanotecnología básica. En un principio Hyperion trató de encontrar aplicaciones para sus nuevos materiales y, al final, estudió las posibles aplicaciones a través de alianzas con fabricantes, la industria del automóvil, el sector aeroespacial y el sector de generación eléctrica. La estrategia ha sido todo un éxito, ya que Hyperion ha comercializado más de 40 productos en estos cuatro mercados diferentes. Por su parte, CDT ha desarrollado polímeros que emiten luz, otra tecnología general con aplicaciones potenciales en semiconductores,

electrónica de consumo y juguetes. También en este caso, licencias y alianzas con diversos fabricantes han abierto a la empresa vías hacia los mercados finales.

IMPLICACIONES DE LOS PROCESOS DE INNOVACIÓN ABIERTA FOMENTADA POR EL MERCADO

La mejora de la eficiencia gracias a la división del trabajo en el proceso de innovación y un aumento de la actividad innovadora

Son muchas las implicaciones de los procesos de innovación abierta fomentada por el mercado. En esta sección final examinaremos tres de ellas: en el ámbito de las economías en general (este primer apartado), en el ámbito de los distintos sectores (el segundo apartado) y, por último, en el ámbito de las empresas y sus estrategias.

Un mercado tecnológico crea ventajas relacionadas con la posibilidad de generar especialización y división del trabajo basada en las posibles ventajas comparativas. Así lo argumenta Arrow (1983), como hemos visto en líneas anteriores. Tipos diferentes de empresas o participantes pueden especializarse en las actividades en las que son relativamente más eficientes; por ejemplo, las empresas más pequeñas, en proyectos innovadores más arriesgados en el tramo superior de la cadena de producción; y las empresas más grandes en proyectos de investigación a mayor escala o para el segmento final. El intercambio entre ellas crea beneficios que mejoran la eficiencia general del proceso de innovación.

Los beneficios de las transacciones de tecnología tienen su origen en tres fuentes distintas. La primera y principal son las ventajas relacionadas con el ahorro de costes que supone no tener que reinventar la rueda. Este aspecto es especialmente destacado en las operaciones internacionales de licencia de tecnología (un país no tiene que volver a inventar lo que ya ha sido inventado en otro) y en el estudio de las tecnologías de aplicación general (un sector no ha de reinventar lo que ya se ha inventado en otro sector y puede

“En industrias de alta tecnología, como las productoras de *software*, semiconductores o biotecnología, es frecuente la creación de empresas para investigar una sola innovación. Si la innovación falla, la empresa abandona el mercado a un coste pequeño, o bien puede vender sus competencias”

volver a utilizarlo). La segunda fuente de beneficios es la ventaja comparativa. En ocasiones el inventor de una tecnología no dispone del mejor equipo para desarrollarla o comercializarla. Intentar llevar a cabo su comercialización puede, incluso, retrasar la innovación, desviando la atención y cambiando la naturaleza de la organización. Conceder una licencia a otra empresa con una ventaja comparativa en las actividades de fabricación y comercialización resultará rentable para ambas partes. La tercera fuente de beneficios es más evidente. Una empresa puede, por ejemplo, desarrollar una tecnología que no desea utilizar pero que es aplicable en algún otro lugar y cuya cesión en licencia (o su venta) puede producirle beneficios.

Por último, una división del trabajo sirve de incentivo para que un número mayor de empresas invierta en innovación. Si la innovación solo genera rentas cuando las empresas invierten también en costosos activos de la fase final, las empresas más pequeñas, sin esa capacidad,

acabarán muchas veces tirando la toalla. Este hecho está relacionado asimismo con los riesgos del proceso de innovación. Estudiar distintas posibilidades de innovación, con un bajo coste, puede suponer una pérdida pequeña si se fracasa, pero la pérdida será mucho mayor si la empresa ha de invertir también en activos de comercialización. Sin embargo, las empresas pueden tratar de innovar más si saben que pueden vender sus resultados tecnológicos intermedios a empresas que ya tienen esos activos. En industrias de alta tecnología, como las productoras de *software*, semiconductores o biotecnología, es frecuente la creación de empresas para investigar una sola innovación. Si la innovación falla, la empresa abandona el mercado a un coste pequeño, o bien puede vender sus competencias.

Implicaciones para la entrada en el mercado, la competencia y la estructura de la industria

Por definición, la innovación abierta permite que la tecnología esté disponible de una manera más amplia y llegue a un mayor número de empresas. Un mercado tecnológico es un mecanismo eficaz para este proceso. Reduce las barreras de entrada al mercado e incrementa la competencia en los mercados de productos. Si las empresas hubieran de producir la tecnología que utilizan, cualquier capacidad o especialización en la fase final de la cadena de producción podría verse desbordada por la debilidad de la empresa en el desarrollo de tecnología. Al contrario, con los mercados de tecnologías estas empresas pueden utilizar tecnologías desarrolladas más eficientemente por otras y, así, centrarse en las que son sus ventajas comparativas en los mercados de productos. Se eleva con ello el grado de competencia, ya que estas empresas serán competidores más eficientes que si desarrollaran la tecnología internamente. En algunos casos, se fomenta la entrada de empresas que no podrían haber accedido al mercado de productos si hubieran tenido que desarrollar por sí mismas la tecnología.

El impacto de los contratos de licencia en la entrada en el mercado es evidente en la industria química, con un largo historial de concesión de licencias de procesos químicos (Arora y Gambardella, 1998). Lieberman (1989) afirma que la concesión de licencias era menos común respecto a productos químicos y que cuando se recortó el número de operaciones de licencia se redujeron los accesos al mercado. En un estudio relacionado de mercados de 24 productos químicos, Lieberman (1987) observa que el registro de patentes por agentes ajenos a esos mercados estaba asociado a un mayor descenso del precio de los productos, lo que indica una vez más que la actividad patentadora de esos agentes favorecía el acceso al mercado.

Arora *et al.* (2001b) ofrecen evidencias más directas en su estudio sobre inversiones en plantas químicas en países en desarrollo durante la década de 1980. De los datos recogidos se desprende que cuanto mayor es el número de empresas de ingeniería especializadas que prestan servicios de ingeniería en un mercado de productos, mayor es el volumen de inversiones en plantas químicas por parte de empresas de países en desarrollo. Sin embargo, el número de empresas de ingeniería especializadas no afecta a las inversiones en países en desarrollo por parte de grandes multinacionales. Estas multinacionales son empresas bien consolidadas con fuertes capacidades tecnológicas y, en consecuencia, no resulta sorprendente que no se vean afectadas por la presencia de empresas de ingeniería especializadas. Por el contrario, las empresas químicas nacionales de los países en desarrollo están menos avanzadas en el aspecto técnico, pero pueden tener una ventaja por el hecho de fabricar en su propio país. Sirve esta situación para ilustrar que los proveedores de tecnología —las empresas de ingeniería especializadas, en este caso— benefician técnicamente de forma diferenciada a las empresas menos avanzadas.

Todo ello sugiere que la división del trabajo creada por los mercados de tecnologías puede

considerarse una forma pecuniaria de externalidad o desbordamiento de conocimiento. Son muchos los que consideran importantes los desbordamientos en el proceso de desarrollo industrial y el crecimiento económico y, sin embargo, gran parte de la investigación sobre los desbordamientos se centra en los que tienen un efecto no pecuniario o, incluso más limitadamente, en la transferencia involuntaria (y no remunerada) de conocimientos. El ejemplo de las empresas de ingeniería especializadas apunta al hecho de que la división del trabajo innovador generada por el mercado puede ser también un importante mecanismo para la transferencia de conocimientos. Así, por ejemplo, el crecimiento de los mercados de productos en los países desarrollados da lugar al aumento de empresas de ingeniería especializadas, que, a su vez, prestan servicios a las empresas químicas de esos países. Los mercados de tecnología son, por tanto, los mecanismos que vinculan el crecimiento del mercado del primer mundo con el crecimiento de mercados de países en desarrollo, cuando estos reciben el estímulo de una mayor inversión en plantas como consecuencia del mayor número de empresas de ingeniería especializadas.

Es importante destacar que estos desbordamientos pueden darse también entre sectores, como se ha indicado al hablar de las tecnologías de aplicación general. En su estudio del sector de las máquinas herramienta en Estados Unidos en el siglo XIX, Rosenberg (1976) observa que el número de las diferentes industrias de la fase final de la cadena de producción que utilizaban máquinas herramienta experimentó un crecimiento en diferentes ocasiones. Por ejemplo, la fabricación de armas de fuego apareció antes que la de las máquinas de coser, las máquinas de escribir o las bicicletas. El crecimiento de la industria de las armas de fuego estimuló el desarrollo de las máquinas de manipulación del metal. Para la fabricación de bicicletas se requerían operaciones de corte de metal muy similares a las de la industria armamentista (taladro, perforación,

“Lo común en el proceso de aprendizaje entre sectores, o lo que Rosenberg denominó «convergencia tecnológica», fue fundamental para la transmisión de crecimiento, si bien requirió la intermediación de un sector de la fase inicial de la cadena”

fresado, aplanado, esmerilado, pulido, etcétera; Rosenberg, 1976) y, por tanto, los fabricantes de bicicletas pudieron contar con los proveedores de máquinas cortadoras de metal, que ya ofrecían sus productos a las empresas fabricantes de armas, de mayor tamaño. Lo que los proveedores habían aprendido para la fabricación de las máquinas cortadoras de metal destinadas a las fábricas de armas no tuvo que volver a ser aprendido para suministrar piezas a las fábricas de bicicletas. Lo común en el proceso de aprendizaje entre sectores, o lo que Rosenberg denominó «convergencia tecnológica», fue fundamental para la transmisión de crecimiento, si bien requirió la intermediación de un sector de la fase inicial de la cadena.

En líneas más generales, una importante implicación de los mercados de tecnologías es que cambian el peso de la cadena de valor de una industria hacia su tramo inferior. Como apuntan Dierickx y Cool (1989), la formación de un mercado de un activo significa que ese activo —la tecnología en nuestro caso— deja de ser estratégico para la empresa en cuanto a creador de una ventaja competitiva frente a otros. En la actualidad no existen mercados para activos

como el conocimiento de mercados y de clientes ni tampoco de algunos tipos de activos de producción y distribución, y las empresas pueden aprovechar estos activos para obtener una ventaja competitiva sobre sus rivales. Por ejemplo, Arora y Gambardella (2005) argumentan que si bien la innovación en *software* ha crecido considerablemente en economías emergentes como India, la actividad innovadora en el campo del *software* que se desarrolla en las economías avanzadas sigue obteniendo una importante ventaja de su proximidad a los principales usuarios, es decir, a las mayores compañías de telecomunicaciones o informática y las grandes empresas de los sectores industriales o de servicios. La innovación en el campo del *software* depende sobre todo de su estrecha interacción con estos grandes usuarios, cuya distribución en el mundo es todavía más desigual que la de la capacidad para producir innovaciones en *software*.

Implicaciones para la estrategia empresarial

Los mercados de tecnologías incrementan las opciones estratégicas de las empresas. Sin ellos, las empresas solo pueden crear sus tecnologías, y utilizarlas, internamente. Hoy pueden comprar o pueden crear tecnología y en el lado de la oferta pueden beneficiarse de sus tecnologías utilizándolas o vendiéndolas. En Arora y Gambardella (2010a) estudiamos con cierta extensión de qué forma los mercados de tecnologías afectan al comportamiento estratégico de las empresas como compradores de tecnología. En esta sección vamos a detenernos en sus opciones estratégicas como proveedores de tecnología.

Arora y Fosfuri (2003) han desarrollado un marco para tratar de comprender la decisión de las empresas de vender tecnología y cómo la competencia en el mercado de productos y el mercado de tecnología condiciona esta decisión. En su modelo compiten varios titulares de tecnologías tanto en el mercado tecnológico como en el de productos. Las tecnologías no son

totalmente reemplazables entre sí, como tampoco lo son los productos fabricados con esas tecnologías. Para decidir si ofrece o no licencias, el titular de la tecnología debe sopesar, por un lado, los ingresos generados por las licencias y, por el otro, el efecto de disipación de beneficios que las licencias conllevan como consecuencia de la mayor competencia en el mercado de productos. Los factores que aumenten los ingresos por las licencias o que reduzcan el efecto de disipación de beneficios serán los que apoyen la decisión de conceder licencias.

Esta elección dependerá de la competencia en el mercado de productos. Si el licenciario opera en un mercado lejano, el efecto de disipación de beneficios es pequeño en comparación con el producido cuando el licenciario está más próximo. Por ejemplo, es posible que el licenciario opere en un mercado geográfico en el que al propietario de la tecnología le resulta costoso operar, debido, pongamos, a que no tiene los activos complementarios necesarios. Asimismo, la tecnología podría ser utilizada para un tipo diferente de producto que el propietario no fabrica. Arora y Fosfuri señalan que la competencia en el mercado de productos aumenta la actividad de concesión de licencias ya que cuanto más competitivo es el mercado de productos, el efecto de disipación de beneficios se reduce con más rapidez que el efecto de ingresos de las licencias. Como es bien sabido, un monopolio nunca concede licencias. En consonancia con esta argumentación, Lieberman (1989) afirma que los contratos de licencia eran menos frecuentes respecto a productos químicos y las pocas licencias que se concedían pertenecían a agentes externos (no fabricantes y empresas extranjeras).

Arora y Fosfuri observan también que la concesión de licencias es más frecuente cuando los productos son homogéneos que cuando están diferenciados. Si los productos están diferenciados, el licenciario está más próximo en el espacio del producto al propietario de la tecnología que a otros fabricantes, por lo que el

efecto de disipación de beneficios percibido por el propietario es mayor que si el producto es homogéneo. Dicho de otro modo, con el contrato de licencia el propietario de la tecnología impone una externalidad negativa (pecuniaria) mayor sobre otros fabricantes cuando el producto es homogéneo. En esta misma línea Fosfuri (2006) plantea que la concesión de licencias es menor en mercados en los que la diferenciación específicamente por la tecnología de los productos es elevada.

El modelo de Arora-Fosfuri defiende también que las empresas más pequeñas son más proclives a formalizar licencias, porque padecen menos el efecto de disipación de beneficios por competidores adicionales. La lógica es evidente en el caso extremo en el que el propietario de la tecnología no tiene ninguna implicación en los mercados finales y, por tanto, no tiene que preocuparse de los beneficios del mercado de productos. Coincide además con la observación de que en muchas industrias de alta tecnología (por ejemplo, biotecnología, semiconductores o *software*) los proveedores a menudo no fabrican en los mercados de productos para los que suministran tecnología, así como con los datos facilitados por otros estudios, comentados por Arora y Gambardella (2010a).

Gambardella y Giarratana (2010) dan un carácter general al modelo de Arora y Fosfuri poniendo de relieve la interrelación entre el carácter general de la tecnología y la fragmentación de los mercados de productos. La aplicación general de la tecnología la hace interesante para empresas usuarias lejanas, lo que implica que se pueden obtener ingresos de las licencias concedidas a empresas en mercados de productos diferentes del propietario de la tecnología. Dado que los mercados están lejos, la dispersión de beneficios es pequeña y, por tanto, es más atractiva la concesión de licencias.

Gambardella y Giarratana (2010) estudian tanto la decisión de ceder la explotación de tecnología por medio de licencias como la elección de los mercados de productos a los que va a acceder

“La competencia en el mercado de productos aumenta la actividad de concesión de licencias ya que cuanto más competitivo es el mercado de productos, el efecto de disipación de beneficios se reduce con más rapidez que el efecto de ingresos de las licencias”

su propietario. La tesis principal es que la tecnología puede desplegarse en más mercados de productos de aquellos a los que resulta rentable para su propietario acceder directamente, lo que parece indicar que la tecnología puede tener un mayor espectro de economías que los activos de comercialización y fabricación, creando así oportunidades para la concesión de licencias. En particular, las tecnologías de aplicación general pueden tener tantas aplicaciones que pocas empresas podrían explotar todas ellas.

CONCLUSIÓN

Son diversas las fuentes que pueden generar innovación abierta: desbordamientos de conocimiento, ciencia abierta y, más recientemente, tecnologías de código abierto. Este trabajo dedica su atención en especial al mecanismo favorecido por el mercado e intenta demostrar que buena parte del proceso de innovación abierta puede tener lugar a través de este canal económico ordinario.

El papel de los mercados de tecnologías se aprecia mejor si se examina lo que sucede cuando los costes de transacción son elevados. La implicación más significativa es que el usuario de tecnología debe poseer los recursos y las capacidades necesarios para producirla y el productor de tecnología debe tener los recursos y las capacidades necesarios para incorporarla en productos finales destinados a su comercialización. Esta situación tiene limitaciones naturales en cuanto que impide las ventajas de la especialización y la división del trabajo de acuerdo con las ventajas comparativas, con las consiguientes ineficiencias en el mercado. Asimismo, se reduce la actividad innovadora ya que el inventor o la empresa especializada en tecnología solo puede invertir en innovación si realiza también inversiones mucho más importantes en los activos o las capacidades que le permitan disfrutar de los beneficios de la comercialización de los productos finales.

Cuando los mercados de tecnologías funcionan bien, y dejan vía libre a la innovación abierta, aumentan el acceso al mercado y la competencia dado que la tecnología deja de ser el secreto mejor guardado de alguna empresa puntera o laboratorio de I+D. Una consecuencia importante es que la tecnología se hace menos estratégica como fuente de ventaja competitiva para las empresas. Las empresas deben entonces centrarse en otros activos estratégicos, menos abiertos y más exclusivos de cada una. Entre otros, uno de estos activos es la capacidad de la empresa para conseguir clientes y mercados finales mediante inversiones en activos de la fase final de la cadena de producción, lo que también apunta a la razón de que muchas empresas especializadas en tecnología obtengan pocos o ningún beneficio (por ejemplo, las empresas de biotecnología; Pisano, 2006), y una buena parte de los beneficios en la estructura vertical de una industria se genera en la fase final de la cadena.

Desde una perspectiva estratégica, los mercados de tecnologías dan a las empresas más opciones. Aparte de la decisión de comprar

tecnología en lugar de crearla, tienen también la posibilidad de vender sus propias tecnologías. Esta es una decisión estratégica que depende de la comparación entre los ingresos generados por las licencias y el efecto de disipación de beneficios causada por el aumento de la competencia. La mayor difusión de las tecnologías y el hecho de que el abanico de posibles aplicaciones sea más amplio que la capacidad de la empresa para explotarlas en su totalidad hacen cada vez más factible esta estrategia.

En el presente trabajo ha sido necesario omitir algunas cuestiones importantes, como, por ejemplo, el papel fundamental que la demanda de tecnología o la incertidumbre desempeñan en estos mercados y en el consiguiente carácter abierto del proceso de innovación. Algunas de ellas se contemplan en Arora *et al.* (2001a) y, más recientemente, en Arora y Gambardella (2010a y 2010b). Invitamos al lector interesado a consultar estas fuentes y el abundante aparato bibliográfico que contienen para conocer algo más de ellas.

BIBLIOGRAFÍA

- ALCACER, J., y W. CHUNG (2007), «Location Strategies and Knowledge Spillovers», *Management Science* 53, pp. 760-776.
- ANAND, B., y T. KHANNA (2000), «The Structure of Licensing Contracts», *Journal of Industrial Economics* 48(1), pp. 103-135.
- ARORA A. (1995), «Licensing Tacit Knowledge: Intellectual Property Rights and the Market for Know-how», *Economics of Innovation and New Technology* 4, pp. 41-59.
- ARORA, A. (1996), «Contracting for Tacit Knowledge: The Provision of Technical Services in Technology Licensing Contracts», *Journal of Development Economics* 50(2), pp. 233-256.
- ARORA, A., y M. CECCAGNOLI (2006), «Patent Protection, Complementary Assets, and Firms: Incentives for Technology Licensing», *Management Science* 52, pp. 293-308.
- ARORA, A. y A. FOSFURI (2003) «Licensing the Market for Technology», *Journal of Economic Behavior & Organization* 52(2), pp. 277-295.
- ARORA, A., A. FOSFURI y A. GAMBARDELLA (2001a), *Markets for Technology: The Economics of Innovation and Corporate Strategy*, Cambridge MA: The MIT Press.
- ARORA, A., A. FOSFURI y A. GAMBARDELLA (2001b), «Specialized Technology Suppliers, International Spillovers and Investments: Evidence from the Chemical Industry», *Journal of Development Economics* 65(1), pp. 31-54.
- ARORA, A., y A. GAMBARDELLA (1994), «The Changing Technology of Technical Change: General and Abstract Knowledge and the Division of Innovative Labour», *Research Policy* 23, pp. 523-532.
- ARORA, A., y A. GAMBARDELLA (1998), «Evolution of Industry Structure in the Chemical Industry», en A. Arora, R. Landau y N. Rosenberg (eds.), *Chemicals and Long-Term Economic Growth*, Nueva York: John Wiley & Sons.
- ARORA, A., y A. GAMBARDELLA (2005), «The Globalization of the Software Industry: Perspectives and Opportunities for Developed and Developing Countries», en A. Jaffe, J. Lerner y S. Stern (eds.) *Innovation Policy and the Economy* (5), Cambridge MA: The MIT Press.
- ARORA, A., y A. GAMBARDELLA (2010a), «Markets for Technology», en B. Hall y N. Rosenberg (eds.), *Handbook of Economics of Innovation*, Ámsterdam: Elsevier.
- ARORA, A., y A. GAMBARDELLA (2010b), «Ideas for Rent: An Overview of Markets for Technology», *Industrial and Corporate Change* 19, pp. 775-803.
- ARORA, A., W. VOGT y J. YOON (2009), «Is the Division of Labor limited by the Extent of the Market?: Evidence from Chemical Industry», *Industrial and Corporate Change* 18(5), pp. 785-806.
- ARROW, K. (1962), «Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention», en *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton NJ: Princeton University Press, pp. 609-625.
- ARROW, K. (1974), *The Limits of Organization*, Nueva York NY: W.W. Norton.
- ARROW, K. (1975), «Vertical Integration and Communication», *Bell Journal of Economics* 6, pp. 173-183.
- ARROW, K. (1983), «Innovation in Large and Small Firms», en J. Ronen (ed.), *Entrepreneurship*, Lexington MA: Lexington Books, pp. 15-28.
- BARNEY, J. (1986), «Strategic Factor Markets: Expectations, Luck and Business Strategy», *Management Science* 32(10), pp. 1231-1241.
- BARNEY, J. (1991), «Firms Resources and Sustained Competitive Advantage», *Journal of Management* 17, pp. 99-120.
- BRESNAHAN, T., y M. TRAJTENBERG (1995), «General Purpose Technologies: "Engines of Growth"», *Journal of Econometrics* 65(1), pp. 83-108.
- BRESNAHAN, T., y A. GAMBARDELLA (1998), «The Division of Inventive Labor and the Extent of the Market», en E. Helpman (ed.), *General Purpose Technologies and Economic Growth*, Cambridge, MA: The MIT Press, pp. 253-281.
- CASSIMAN, B., y R. VEUGELERS (2002), «R&D Cooperation and Spillovers: Some Empirical Evidence from Belgium», *American Economic Review* 92(4), pp. 1169-1184.
- CHANDLER, A. (1990), *Scale and Scope: The Dynamics of Industrial Capitalism*, Part I: «Introduction: Scale and Scope», Cambridge MA: The Belknap Press of Harvard University Press, pp. 1-46.

- CHESBROUGH, H. (2003), *Open innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- COHEN, W., y S. KLEPPER (1996), «Firm Size and the Nature of Innovation within Industries: The Case of Process and Product R&D», *Review of Economics and Statistics* 78(2), pp. 232-243.
- CONTRACTOR, F. (1981), «International Technology Licensing», Lexington, MA: DC Heath and Company.
- DASGUPTA, P., y P. DAVID (1994), «Towards a New Economics of Science», *Research Policy* 23, pp. 487-521.
- DECHENAUX, E., M. THURSBY y J. THURSBY (2009), «Shirking, Sharing Risk and Shelving: The Role of University License Contracts», *International Journal of Industrial Organization* 27(1), pp. 80-91.
- DIERICKX, I., y K. COOL (1989), «Asset Stock Accumulation and Sustainability of Competitive Advantage», *Management Science* 35(12), pp. 1504-1513.
- FOSFURI, A. (2006), «The Licensing Dilemma: Understanding the Determinants of the Rate of Technology Licensing», *Strategic Management Journal* 27, pp. 1141-1158.
- GAMBARDELLA, A., y M. GIARRATANA (2010), «General Technological Capabilities, Product Market Fragmentation, and the Market for Technology: Evidence from the Software Security Industry», en preparación, Milán: Università Bocconi.
- GAMBARDELLA, A., y A. MCGAHAN (2010), «Business-Model Innovation, General Purpose Technologies, Specialization and Industry Change», *Long Range Planning* 43, pp. 262-271.
- GANS, J., D. HSU y S. STERN (2002), «When Does Start Up Innovation Raise the Gale of Creative Destruction», *Rand Journal of Economics* 33(4), pp. 571-586.
- GROSSMAN, S., y O. HART (1986), «The Costs and Benefits of Ownership: A Theory of Vertical and Lateral Integration», *Journal of Political Economy* 94, pp. 691-719.
- HALL, B., y R. ZIEDONIS (2001), «The Patent Paradox Revisited: Determinants of Patenting in the US Semiconductor Industry, 1980-1994», *Rand Journal of Economics* 32(1), pp. 101-128.
- HART, O., y J. MOORE (1990), «Property Rights and the Nature of the Firm», *Journal of Political Economy* 98, pp. 1119-1158.
- KLEPPER, S. (1996), «Entry, Exit, Growth, and Innovation over the Product Life Cycle», *American Economic Review* 86(3), pp. 562-583.
- LAMOREAUX, N., y K. SOKOLOFF (1996), «Long-Term Change in the Organization of Inventive Activity», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 93(23), pp. 12686-12692.
- LAMOREAUX, N., y K. SOKOLOFF (1999), «Inventors, Firms, and the Market for Technology in the late Nineteenth and Early Twentieth Centuries», en N. Lamoreaux, D. Raff y P. Temin (eds.), *Learning by Doing in Markets, Firms, and Countries*, Chicago: University of Chicago Press.
- LERNER, J., y J. TIROLE (2002), «Some Simple Economics of Open Source», *Journal of Industrial Economics* L(2), pp. 197-234.
- LIEBERMAN, M. (1987), «Patents, Learning by Doing, and Market Structure in the Chemical Processing Industries», *International Journal of Industrial Organization* 5(3), pp. 257-276.
- LIEBERMAN, M. (1989), «The Learning Curve, Technological Barriers to Entry, and Competitive Survival in the Chemical Processing Industries», *Strategic Management Journal* 10(5), pp. 431-447.
- MAINE, E., y E. GARSNEY (2006), «Commercializing Generic Technology: The Case of Advanced Materials Ventures», *Research Policy* 35(3), pp. 375-393.
- MARKIDES, C., y P. WILLIAMSON (1996), «Corporate Diversification and Organization Structure: A Resource-Based View», *Academy of Management Journal* 39, pp. 340-367.
- MUELLER, W. (1962), «The Origins of the Basic Inventions Underlying Du Pont's Major Product and Process Innovations, 1920 to 1950», en *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton NJ: Princeton University Press, pp. 323-346.
- NELSON, R. (1959), «The Simple Economics of Basic Scientific Research», *Journal of Political Economy* 67(2), pp. 297-306.
- OCDE (2006), *OECD technology indicators, technology balance of payment—payments/receipts*, París: OCDE.
- PETERAF, M. (1993), «The Cornerstones of Competitive Advantage: A Resource-Based View», *Strategic Management Journal* 14(3), pp. 179-191.
- PISANO, G. (2006), «Can Science Be a Business: Lessons from Biotech», *Harvard Business Review*, octubre, pp. 114-125.
- ROSENBERG, N. (1976), «Technological Change in the Machine Tool Industry», en N. Rosenberg (ed.), *Perspectives on Technology*, Cambridge MA: Cambridge University Press, pp. 11-31.
- ROSENBERG, N. (1996), «Uncertainty and Technological Change», en R. Landau, T. Taylor y G. Wright (eds.), *The Mosaic of Economic Growth*, Stanford, CA: Stanford University Press.
- TAYLOR, C., y A. SILBERSTON (1973), «The Economic Impact of the Patent System: A Study of the British Experience», University of Cambridge, D.A.E. monografía 23, Cambridge University Press.
- TEECE, D. (1986), «Profiting from Technological Innovation», *Research Policy* 15, pp. 285-305.
- TEECE, D. (1988), «Technological Change and the Nature of the Firm», en G. Dosi et al. (eds.), *Technological Change and Economic Theory*, Londres: Printer Publishers, pp. 257-281.

BBVA

La tecnología configura la cultura,
los valores oponen resistencia

Cultura, valores y ciclos largos del desarrollo capitalista

Francisco Louçã

ISEG (Instituto Superior de
Economía e Gestão), Universidade
Técnica de Lisboa, UECE

«El tiempo presente y el tiempo pasado acaso
estén presentes en el tiempo futuro y tal vez al fu-
turo lo contenga el pasado.»¹

T. S. Eliot, *Cuatro cuartetos*

INTRODUCCIÓN: CÓMO SE ENTREMEZCLAN LAS HISTORIAS DE LAS ECONOMÍAS, LAS TECNOLOGÍAS Y LAS CULTURAS

La literatura estándar ha reconocido, no sin cierta confusión teórica, la impresionante recurrencia de los ciclos empresariales cortos o *Juglar*, pero en cambio ha obviado en la mayoría de los casos la visión más global que la historia puede proporcionar en el análisis económico. En este capítulo se argumenta que para entender los procesos más generales de innovación social, económica, tecnológica e incluso cultural en las economías modernas es necesario establecer el marco de los valores culturales, de las relaciones sociales inherentes a la producción o el comercio, o de la creación de instituciones y procesos de aprendizaje, y que estos elementos requieren, a su vez, la interpretación de los ciclos largos recurrentes del desarrollo capitalista. Se sugiere, además, que el estudio de la formación de las culturas y los valores puede beneficiarse del análisis del marco histórico de los modos de desarrollo sucesivos de las economías modernas, lo que se ha dado en llamar ciclos largos o de Kondratiev.

Existen dos razones de peso para elegir este enfoque y este marco. La primera es la incontestable evidencia de los hechos: entre 2007 y 2009 las economías desarrolladas sufrieron la recesión general más profunda registrada desde 1929, lo que se podría considerar una prueba del impacto del ciclo Juglar. Sin embargo, este fenómeno ocurría después de varias décadas de suave expansión con numerosas recesiones, bajas tasas de acumulación y profundos desequilibrios financieros y estructurales que evocaban el efecto de los procesos más largos de reajuste económico y social, descritos por los ciclos largos. La segunda razón también guarda relación con el propósito de este libro colectivo y es la evidencia del impacto de procesos históricos como la revolución tecnológica que se está dando en la actualidad. Tal y como Chris Freeman ha señalado repetidamente en su trabajo, en materia de desarrollo económico el quid de la cuestión es la concordancia o la discrepancia entre el sistema tecnoeconómico y el sistema socioinstitucional, y estas largas fases de ajuste o de crisis marcan cada etapa del crecimiento económico moderno o desarrollo capitalista². Para muchos, la pregunta es, por tanto, por qué la profunda revolución tecnológica en curso está cambiando las condiciones económicas generales con tanta lentitud. O, para el propósito de

¹ Traducción de José Emilio Pacheco.

² Esta sección y la última se basan en gran medida en el libro *As Time Goes By - From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*, coescrito con el difunto Chris Freeman hace algunos años (Oxford University Press, 2002). Freeman, que falleció en el verano de 2010, fue sin duda uno de los investigadores más destacados en el campo de la innovación y la economía evolutiva.

este capítulo, ¿cómo contienen o conforman los cambios de las condiciones económicas generales la evolución de los valores y las culturas?

En el siguiente artículo, explicaré que este cambio está en camino y que es más profundo de lo que se cree. Nos centraremos, en concreto, en las mutaciones registradas en el panorama de la cultura, tanto en el sentido más estricto de la producción de artefactos culturales que generan significado y proporcionan referencias como en el sentido más amplio relativo a los cambios de los valores que se propagan por las comunidades y las sociedades sometidas al impacto y al desafío de una innovación radical.

Para presentar esta breve contribución, resumiré las características comunes de cada uno de los cuatro ciclos largos, visibles también en la aparición del probable quinto ciclo. Según este planteamiento, la causa del prolongado y contradictorio proceso de ajuste estructural y de las crisis sucesivas con un bajo nivel de rentabilidad y acumulación —y con fuertes tendencias a concentrar el capital en arriesgadas aplicaciones financieras a corto plazo— es que existe una discordancia entre las capacidades tecnológicas ya existentes y la reestructuración económica de las principales economías. Esta fue la razón de los largos periodos de expansión lenta y crisis generales que han tenido lugar en el pasado y podría serlo del actual, si nos basamos en los ciclos largos precedentes del desarrollo económico. Esta discordancia genera, además, tensiones sociales y culturales.

Sin embargo, mientras que muchas de las teorías sobre los ciclos largos anteriores se centran principal o exclusivamente en la evidencia estadística de las fluctuaciones de las tasas de crecimiento del PIB, la producción industrial o los precios, Freeman y yo defendíamos en *As Time Goes By* que estas magnitudes combinadas escondían tanto como revelaban y que los fenómenos de los ciclos largos que realmente importaban eran las sucesivas transformaciones estructurales del sistema económico provocadas por las oleadas consecutivas de cambio

técnico y por los cambios organizacionales y de gestión asociados a ellas. Gerhard Mensch empleaba la expresión *metamorfosis* para designar estas transformaciones, y es de hecho una forma acertada de describir lo que ha ocurrido, un proceso sobre el que Schumpeter ya había llamado la atención.

Desde este ángulo, no ayudó que muchos de los especialistas dedicados a investigar y desarrollar el concepto de ciclo largo siguieran a Kondratiev en sus intentos de confirmar sus ideas basándose exclusivamente en la evidencia estadística de los movimientos *conjuntos* de la producción y los precios en lugar de centrarse en la transformación cultural y en las oleadas de cambio tecnológico y económico³. Esto permitió que quienes creían que una teoría debía demostrarse exclusivamente por medio de procedimientos econométricos basados en los datos y en las tendencias globales articularan un ataque plausible contra la idea misma de los ciclos largos.

En lugar de eso, en nuestro libro desafiamos a nuestros colegas a considerar que, durante un periodo de cambio estructural turbulento, algunas nuevas industrias y actividades crecerán muy deprisa, pero otras decaerán, se estancarán o crecerán más despacio. El resultado combinado de estas tendencias contradictorias variará en momentos diferentes para los distintos países dependiendo de un conjunto más amplio de factores políticos e institucionales y también de tendencias tecnológicas y económicas más definidas. Normalmente, una crisis de ajuste estructural es un periodo en el que el impulso expansivo de las constelaciones emergentes de nuevos productos, procesos e innovaciones organizacionales no se ha extendido lo suficiente para superar los limitantes efectos recesivos de la ralentización o la contracción de las industrias más antiguas ya establecidas.

Sin embargo, puede no ser siempre así. El ímpetu expansivo de los nuevos avances puede ser tan grande que impulse la producción industrial total o el PIB a pesar de la existencia de

³ A pesar de ello, sigo el procedimiento estándar introducido por Schumpeter para denominar a estas largas fases y estos movimientos *ciclos de Kondratiev*, ya que fue este autor quien sentó las bases del debate moderno sobre las tendencias históricas del desarrollo capitalista.

“Normalmente, una crisis de ajuste estructural es un periodo en el que el impulso expansivo de las constelaciones emergentes de nuevos productos, procesos e innovaciones organizacionales no se ha extendido lo suficiente para superar los limitantes efectos recesivos de la ralentización o la contracción de las industrias más antiguas ya establecidas”

una crisis estructural de adaptación y de altos niveles de desempleo estructural. Eso fue aparentemente lo que sucedió en Reino Unido en las décadas de 1830 y 1840 y en Estados Unidos en las de 1880 y 1920. Por otra parte, el tempestuoso crecimiento de las industrias del automóvil y el petróleo en los años veinte del siglo pasado no bastó para superar las tendencias depresivas de la economía norteamericana y mundial en los años treinta, exacerbadas como estaban por las graves crisis políticas, los conflictos internacionales y las crisis monetarias. Una situación que parece estar repitiéndose en la actualidad: como refleja la persistente paradoja de Solow, el nivel de informatización general tiene unos efectos casi nulos en la productividad.

La crónica histórica *cualitativa*, unida a los datos sectoriales desglosados, es más importante que los datos *cuantitativos* totales en el análisis de las revoluciones industriales sucesivas. Como

Keynes señaló en su debate con Tinbergen, uno de los principales peligros de los procedimientos estadísticos estandarizados es que pueden ocultar o pasar directamente por alto los procesos de cambio cualitativo.

Sin embargo, para justificar el uso del concepto *ciclo* u *oleada* en lugar de hablar simplemente de *fases* o *periodos* de evolución histórica, es necesario distinguir en cada periodo los fenómenos *recurrentes* y las características únicas de cada revolución tecnológica. Además, es esencial situar estas características recurrentes de los cambios de la tecnología y la economía en un contexto institucional y social más amplio, un contexto en el que los cambios políticos y culturales pueden ser en algunos casos determinantes en el curso de los acontecimientos.

Sea como fuere, un marco teórico para la historia del crecimiento económico debe cumplir tres requisitos fundamentales. En primer lugar, debe proporcionar una explicación y una aclaración plausibles de los datos simplificados que resumen las principales características del crecimiento de la economía mundial. Solo así podemos preparar el terreno para las generalizaciones, que por supuesto deben contrastarse constantemente con las nuevas evidencias históricas y con el desarrollo de los acontecimientos emergentes. En segundo lugar, debe hacerlo para las tres categorías principales identificadas por Abramovitz: adelantarse (*forging ahead*), dar alcance (*catching up*) y quedar rezagado (*falling behind*), con el fin de analizar el desigual desarrollo de las distintas economías. Por último, debe proporcionar un marco para analizar y conciliar los datos de las investigaciones, los estudios de casos y las generalizaciones que se derivan de las distintas subdisciplinas de la historia: la historia de la ciencia y la tecnología, la historia económica, la historia política y la historia cultural.

En nuestro trabajo anterior, y en el contexto de este empeño necesariamente ambicioso y arriesgado, empleamos las siguientes definiciones:

1. La *historia de la ciencia* es la historia de aquellas instituciones y subsistemas de la sociedad que se dedican principalmente al avance del conocimiento sobre el mundo natural, y también la historia de las ideas de los individuos (tanto si trabajan en instituciones especializadas como si no) cuya actividad va dirigida a este objetivo.

2. La *historia de la tecnología* es la historia de los artilugios y las técnicas y también la de las actividades de aquellos individuos, grupos, instituciones y subsistemas de la sociedad cuyos objetivos principales son el diseño, el desarrollo y la mejora de tales artilugios y técnicas, así como el registro y la divulgación del conocimiento empleado en esas actividades.

3. La *historia económica* es la historia de las instituciones y los subsistemas de la sociedad cuyos objetivos principales son la producción, la distribución y el consumo de bienes y servicios, así como la de aquellos individuos e instituciones que se dedican a la organización de esas actividades.

4. La *historia política* es la historia de los individuos, las instituciones y los subsistemas de la sociedad que se dedican principalmente al gobierno (regulación legal y política por parte de autoridades centrales, locales o internacionales) de la sociedad, incluidas las cuestiones militares.

5. La *historia cultural* es la historia de las ideas, los valores, las creaciones artísticas, las tradiciones, las religiones y las costumbres que influyen en las normas de conducta de la sociedad, así como la historia de los individuos y las instituciones que los fomentan. La siguiente sección ofrecerá una descripción general de los principales cambios registrados en la historia cultural durante las últimas décadas y relacionará esos procesos con las innovaciones sociales, económicas y tecnológicas más destacadas.

En este capítulo se emplearán estas cinco subdivisiones con fines conceptuales y analíticos, aunque obviamente se acepta que las personas solo crean una historia y que en la vida real las cinco corrientes se entremezclan. Sin

embargo, *no* se recurre a las subdivisiones simplemente para hacer más sencillo el tratamiento de un tema de enorme complejidad o para seguir la departamentalización y las especializaciones académicas que han surgido en el siglo XX y se han intensificado aun más, si cabe, en este. El establecimiento de subdisciplinas independientes pretende reflejar, además, la insatisfacción que científicos, tecnólogos y economistas sentían porque sus intereses especiales se habían dejado de lado en favor del marco más extenso que los englobaba. Algunos habían manifestado su descontento por la omisión de la tecnología en este planteamiento, y yo me permito añadir que hay asimismo otros factores, como una gama más amplia de fenómenos culturales, que son importantes para entender la reticencia a aceptar las nuevas tecnologías, los desequilibrios sociales que estas crean y los profundos cambios generados por esa innovación, incluida la formación de nuevos valores.

Estas cinco subdivisiones se proponen por varias razones fundamentales. En primer lugar, porque se ha demostrado que cada una de ellas influye de manera independiente en el proceso de crecimiento económico, con una intensidad variable en distintas épocas y diferentes partes del mundo, pero al menos en algunos casos durante largos periodos de tiempo. Por último, y esto es lo más importante, es precisamente la autonomía *relativa* de cada uno de estos cinco procesos lo que puede dar lugar a problemas de falta de sincronidad y armonía o, en otros casos, de falta de una integración armoniosa y de efectos circulares positivos sobre el crecimiento económico. Es, pues, esencial estudiar tanto el desarrollo relativamente independiente de cada corriente de la historia como sus interdependencias, su pérdida de integración y su reintegración, ya que la comprensión de los ciclos largos de la historia del capitalismo depende de estos movimientos de sincronidad y discordancia⁴.

En la próxima sección se resume el curso de estos movimientos y se presentan algunas conclusiones sobre la recurrencia de los procesos

⁴ Nos referimos con esto a los avances de las economías *capitalistas industriales* y no a otras cuestiones. De hecho, hay otros tipos de teorías sobre los ciclos largos que tienen un alcance mucho mayor y llegan, incluso, a la Antigüedad. En lugar de eso, el boceto teórico que se resume aquí tiene un ámbito de aplicación relativamente limitado: hace referencia a la evolución de las economías capitalistas desde finales del siglo XVIII hasta principios del XXI, y postula para este periodo la primacía en las principales economías de instituciones claramente capitalistas y, en particular, de la propiedad privada y la acumulación de riqueza privada a través de los beneficios. Calificar esta teoría de *determinismo tecnológico* es, pues, del todo inexacto. Es la misma existencia de ciertas instituciones sociales la que ha hecho posibles las revoluciones tecnológicas que se han descrito brevemente. Además, las nuevas tecnologías sucesivas analizadas aquí no fueron *maná caído del cielo*, sino el resultado de las instituciones y las actividades sociales humanas. En este marco general, subrayar los cambios de la tecnología como un elemento dinámico en el conjunto del sistema es tan solo una forma de hacer hincapié en los cambios cruciales que impulsan todo el proceso económico y social.

económicos y tecnológicos responsables de los ciclos largos. En la que la sigue, se aborda el impacto que los cambios sistémicos tienen en la cultura. Por último, se presentan algunas conclusiones sobre los problemas contemporáneos del desarrollo económico.

LOS CICLOS LARGOS COMO RESULTADO DE CINCO PROCESOS RECURRENTES EN LA HISTORIA DE LA ECONOMÍA

Un enfoque histórico del crecimiento económico difícilmente será aceptable a menos que combine una crónica inscrita en este tipo de marco teórico con la identificación y la explicación tanto de los fenómenos *recurrentes* como de los casos especiales. En palabras de Werner Sombart (1929), «toda la historia y en particular la historia económica debe estudiar no solo o principalmente el caso especial, sino también los acontecimientos y las situaciones que se repiten y que, al hacerlo, revelan alguna similitud en sus características, casos que pueden agruparse, describirse con una etiqueta colectiva y tratarse como un todo» (Sombart, 1929: 18).

Con este fin, en nuestra obra anterior se identificaron cinco procesos recurrentes que intervienen en la configuración del desarrollo económico: la creación de beneficios extraordinarios derivados de las iniciativas empresariales innovadoras, las penetrantes constelaciones de innovaciones tecnológicas, los cambios de organización y gestión generados por esos impulsos, las crisis generales de ajuste estructural y las crisis de los regímenes reguladores. Tomados conjuntamente, explican la existencia de los ciclos largos como fenómenos recurrentes en el desarrollo económico moderno.

La recurrencia de beneficios extraordinarios muy elevados derivados de las iniciativas empresariales innovadoras en los ciclos largos sucesivos

Algunos de los críticos más implacables del capitalismo (por ejemplo, Karl Marx) y algunos de sus más fervientes admiradores (como

Friedrich von Hayek) han señalado que una de las características más destacadas de este sistema ha sido su capacidad para generar y difundir un torrente de innovaciones técnicas. «Todo lo sólido se desvanece en el aire», proclamaba Marx para anunciar el huracán de innovación de los tiempos modernos.

La confluencia excepcionalmente favorable de circunstancias culturales, políticas, económicas, geográficas, científicas y sociales que se dio en Reino Unido en el siglo XVIII y que originó la proliferación de innovaciones técnicas y organizacionales que denominamos desde entonces Revolución Industrial es de sobra conocida. También es sabido que otras economías capitalistas, y especialmente la de Estados Unidos, no solo obtuvieron unos resultados similares, sino que, con el tiempo, lograron aventajar a Reino Unido con nuevas constelaciones de innovaciones como las surgidas en el marco de la segunda revolución tecnológica y en la era de la electricidad y el automóvil.

Las economías capitalistas han logrado obtener esos excepcionales resultados que, en palabras de Marx y Engels, «sobrepasan las maravillas de la Antigüedad» gracias a una combinación de incentivos y presiones que afectan a innumerables empresas e individuos: en resumen, han podido hacerlo a través de una cultura de innovación y de organización del cambio estructural. En primer lugar, una economía capitalista que funciona bien ofrece la posibilidad, aunque en ningún caso la certeza, de obtener *beneficios* del éxito de una innovación, beneficios que en ocasiones pueden llegar a ser muy elevados. Estos beneficios pueden ir acompañados de otras recompensas: estatus, privilegios, ascenso político y fama. Algunos de los empresarios de más éxito de cada revolución tecnológica obtuvieron, de hecho, beneficios extraordinariamente elevados, aunque no siempre persiguieran las otras ventajas anheladas por los individuos más acaudalados. De la fama difícilmente podían escapar y, de hecho, se convirtió en un mecanismo social muy importante para la divulgación de sus

innovaciones y para alentar las iniciativas que trataban de superarlas. Arkwright, Wedgwood, Hudson, Brunel, los Vanderbilt, Carnegie, Krupp, Rockefeller, Rathenau, Siemens, Diesel, Ford, Gates y Murdoch son ejemplos conocidos de empresarios e inventores que obtuvieron fama y fortuna a través de sus innovaciones, ya fueran técnicas, organizacionales o de ambos tipos. Schumpeter destacó esta tendencia de iniciativa empresarial impulsada por *desviados sociales* que rompían la rutina. En pocas palabras: el capitalismo es adaptativo porque rechaza el equilibrio.

Algunos teóricos de los ciclos largos (Mandel, 1980; Goodwin, 1985; Poletayev, 1987) han elaborado modelos del comportamiento del sistema económico que se basan fundamentalmente en las fluctuaciones a largo plazo de la tasa de beneficios *combinada*. Han argumentado de forma convincente que tras un periodo largo de prosperidad y expansión suele darse una caída en la tasa de los beneficios, en parte por los procesos schumpeterianos de erosión de las ganancias de los innovadores durante la divulgación y en parte a causa de presiones de mayor alcance derivadas de los costes crecientes de los elementos necesarios para la producción. Esta tendencia según la cual la tasa de beneficios cae cuando se encuentra en el pico de un auge duradero es una de las principales razones del punto de inflexión superior que se da en un ciclo largo y del inicio de una bajada prolongada en la que normalmente prevalecen tasas de beneficios más reducidas.

Resulta muy difícil reunir estadísticas, especialmente para el siglo XIX, pero las disponibles respaldan en cierta medida esta interpretación (por ejemplo, Entor y Poletayev, 1985). La plausibilidad de estos modelos es innegable, pero puesto que en este capítulo la atención se centra fundamentalmente en el cambio *estructural*, es más preciso subrayar aquí sobre todo los elevadísimos beneficios extraordinarios que se pueden obtener mediante la explotación de innovaciones radicales de gran alcance. Estos beneficios

resultan tanto más sorprendentes cuando se producen durante un periodo caracterizado por un declive general de la tasa de beneficios en la fase descendente del ciclo largo. Aunque discrepa de Mandel y de otros teóricos de los ciclos largos en cuanto a la tasa de beneficios *combinada*, Tylecote (1992) también destaca la enorme importancia que el efecto demostración tiene en las innovaciones clave de cada ciclo largo.

Este efecto demostración no se limita a poner de manifiesto una clara eficiencia técnica, sino también la gran rentabilidad y el gran potencial de aplicación generalizada. En el caso del marco giratorio movido por agua de Arkwright, este efecto tuvo tal intensidad que llevó a algunos de sus rivales y competidores a intentar destruir físicamente el equipo del inventor. A pesar de esta hostilidad, el éxito y la rentabilidad de las operaciones de la factoría de algodón de Cromford y de sus otras fábricas animaron a muchos imitadores a invertir en fábricas de tejidos de algodón, sobre todo cuando vencieron sus disputadas patentes. Algunas de las primeras inversiones en canales, como la del canal Worsley-Manchester, generaron espléndidos beneficios. En una escala mucho mayor, el concurso de Rainhill en el que se pusieron a prueba varias locomotoras de vapor, sumado al éxito de la rentable operación del ferrocarril Liverpool-Manchester, llevó a un enorme *boom* de las inversiones ferroviarias y, al final, a una inmensa burbuja financiera debida a las expectativas causadas por estimaciones a menudo exageradas de los beneficios potenciales.

Los promotores del ferrocarril, como George Hudson en Gran Bretaña y los Vanderbilt en Estados Unidos, obtuvieron descomunales beneficios que se debieron más a la especulación y la manipulación financiera que a la innovación técnica, a pesar de que al final Hudson perdió su fortuna. Los beneficios de Carnegie, Krupp y Ford, en cambio, proporcionan ejemplos de las enormes cantidades que se podían acumular gracias al éxito de una iniciativa empresarial. Los beneficios de IBM no fueron resultado tanto de una iniciativa empresarial *individual* como del

rendimiento de la *compañía*; no obstante, fueron extraordinariamente altos y en cierta medida IBM fue la empresa más rentable del mundo hasta que sufrió algunos reveses en la década de 1980 y su lugar como compañía más lucrativa del sector de las tecnologías de la información y las comunicaciones fue ocupado por Microsoft y, actualmente, por una pléyade de firmas audaces que están invirtiendo en la interfaz entre Internet y las comunicaciones móviles.

La primera característica recurrente distintiva de los ciclos largos es, por tanto, que en cada caso, aunque las innovaciones eran únicas y muy diferentes entre sí, surgió un conjunto de innovaciones con un claro potencial de generar inmensos beneficios derivados de una superioridad técnica demostrada con respecto a los modos de producción anteriores. Por supuesto, se daban constantemente pequeñas mejoras incrementales, pero las innovaciones que se encontraban en el núcleo de cada ciclo generaron cambios espectaculares en la productividad y la rentabilidad. Sin embargo, estas innovaciones tan rentables no fueron acontecimientos aislados, sino parte de una constelación de innovaciones interrelacionadas en los productos, los procesos y la organización. Como Schumpeter había sugerido, otras muchas compañías se subieron al carro, entre ellas numerosas empresas pequeñas de nueva creación. En algunos casos era un nuevo *proceso* o un conjunto de nuevos productos el que generaba el grueso de los beneficios extraordinarios; en otros, como en la línea de montaje de Ford o en Internet, se trataba principalmente de cambios en la organización, pero en todos los casos se dieron avances técnica y económicamente interdependientes. Los impactantes efectos demostración no solo hicieron ganar una fortuna a algunos empresarios, sino que sirvieron además para impulsar todo el sistema tecnológico y para acelerar su difusión por el mundo. La primera característica recurrente del comportamiento de un ciclo largo va, pues, directamente unida a la segunda: el potencial de una aplicación muy generalizada.

Recurrencia de las constelaciones penetrantes de innovaciones técnicas y organizacionales

Un ciclo no se caracteriza tan solo por una o dos grandes innovaciones o por un conjunto de innovaciones inconexas, sino por una constelación de innovaciones técnicas y organizacionales interdependientes que se fortalecen mutuamente. Como señala Carlota Pérez (1983), estas constelaciones o estos paradigmas presentan ciertas características que son comunes a todos ellos. Todos tienen *componentes fundamentales* (*core inputs*) identificables y evidentes con precios menores que los de otros bienes durante el periodo de transición crítica entre un paradigma y el siguiente. Los principales productores y usuarios de estos componentes se convierten en los sectores (ramas motrices y ramas vectoras) que lideran el crecimiento de la economía. Los efectos demostración se dan relativamente pronto en la difusión de cada nueva revolución tecnológica y, tanto si se producen de un modo más notorio en las empresas que fabrican los componentes fundamentales como si se registran en otros sectores líderes o en las infraestructuras asociadas a ellos, ayudan a impulsar la difusión de toda la constelación y no solo de una parte.

No se trata únicamente del entusiasmo suscitado por los primeros efectos demostración, por muy importantes que estos sean, sino del potencial a largo plazo que se vuelve visible y que tiene repercusiones en todo el sistema a medida que aumenta el número de aplicaciones del nuevo paradigma que aparecen en el horizonte. Un segundo rasgo recurrente de los ciclos largos es, por tanto, que cada uno de ellos se caracteriza por el nacimiento y la verificación experimental de una nueva combinación de innovaciones interrelacionadas que demuestran un aumento considerable de la productividad y la rentabilidad limitado al principio a unas cuantas aplicaciones, pero con un potencial claro de alcanzar con el tiempo una difusión muy generalizada. Al final, todo este potencial se materializa en un periodo de prosperidad prolongada,

pero solo tras una crisis de ajuste estructural que puede ser duradera. Entre los ejemplos más destacados de la penetración de los nuevos sistemas tecnológicos en cada ciclo se encuentran las aplicaciones del acero y la electricidad, del hierro y la máquina de vapor, del petróleo y la combustión interna y, actualmente, de los ordenadores y las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones. El chip y los dispositivos de comunicación son los factores clave del ciclo largo emergente. Como se verá en las próximas páginas, estos nuevos dispositivos son fundamentales para crear nuevas formas de producción económica, pero también para generar nuevos modos de producción cultural.

La recurrencia de los ciclos de cambios organizacionales y de gestión en las empresas

Una tercera característica recurrente de cada revolución es que los cambios organizacionales y de gestión introducidos en los nuevos sectores líderes se imitan en otros muchos entornos. Un nuevo estilo de gestión se pone de moda y, en los últimos ciclos del siglo XX, los asesores de gestión, los medios y la comunicación social se encargan de divulgarlo impulsándolo por medio del ejemplo. El simple éxito de las grandes empresas basta para estimular la imitación en lo que a su nuevo estilo de gestión se refiere pero, por supuesto, las innovaciones técnicas que introducen llevan también directamente en muchos casos a cambios organizativos en las firmas que los adoptan.

El uso de ordenadores y las comunicaciones móviles son dos ejemplos contemporáneos obvios, pero algunos estilos de organización no dependen de un modo tan directo de las innovaciones técnicas y tienen un impulso propio. El simple crecimiento del *tamaño* de las grandes firmas fue un factor importante en los cambios de organización y gestión que se produjeron en los siglos XIX y XX. Las tendencias del cambio organizacional son más complejas que los cambios poco técnicos, pero en cada ciclo de Kondratiev se da una recurrencia identificable de un nuevo

“El simple éxito de las grandes empresas basta para estimular la imitación en lo que a su nuevo estilo de gestión se refiere pero, por supuesto, las innovaciones técnicas que introducen llevan también directamente en muchos casos a cambios organizativos en las firmas que los adoptan”

estilo de gestión que influye, aunque de modos dispares, en muchas empresas en el conjunto de la economía.

Eso no significa, por supuesto, que *todas* las empresas de *todos* los sectores adopten un estilo de gestión o una estructura organizativa similar. La idea de una empresa *representativa* que caracteriza a todas las empresas ha tenido una gran influencia en la teoría económica, pero no se cumple en este caso: por el contrario, existen pruebas de que con cada revolución tecnológica los efectos son muy variados. En el caso del estilo de producción en serie, por ejemplo, las empresas de algunos sectores lograron introducir productos estandarizados y usar una línea de montaje de tintes fordistas en el sector del automóvil. Muchas otras siguieron creando productos personalizados únicos o en pequeños lotes. Y otras modificaron algunos rasgos del estilo de gestión fordista, con lo que en realidad se dieron múltiples variedades del fordismo, incluso dentro de la propia industria automovilística (Boyer, 1988). Solo una minoría de empresas se hizo inequívocamente *fordista*.

No obstante, en sectores tan diversos como el turismo, la comida rápida, la distribución minorista y la moda, la influencia de la filosofía de gestión y el cambio organizativo de índole fordista resulta muy evidente. Algo similar ocurrió con la electrificación, que por un lado llevó al crecimiento de algunas gigantescas empresas eléctricas con estructuras de gestión departamentales especializadas y por otro favoreció el éxito descentralizado de numerosas empresas pequeñas que se beneficiaban de la nueva flexibilidad aportada por la maquinaria eléctrica. Además, la gestión de los procesos intensivos de información da cabida a nuevas formas de descentralización y deslocalización.

Crisis recurrentes de ajuste estructural

Estos ejemplos demuestran que existe cierto riesgo de elaborar un modelo demasiado esquemático de las sucesivas revoluciones tecnológicas, algo que distorsionaría su variedad individual. No solo porque cada una de ellas se caracteriza por una combinación única de productos y procesos, sino porque cada revolución afecta, además de manera muy desigual, a otras partes de la economía y exige distintos tipos de maquinaria, materiales y componentes y diferentes clases de distribución y de servicios de apoyo. Nacen algunas ramas completamente nuevas de la economía mientras que otras experimentan tan solo cambios marginales. Además, algunas veces los cambios afectan a *profesiones* concretas de ciertos sectores y servicios que por lo demás sufren pocas alteraciones. El proceso de difusión es pues impredecible y extremadamente desigual durante esta fase en la que las nuevas aplicaciones se exploran, se prueban, se amplían, se modifican o se rechazan. No obstante, una característica recurrente y claramente observable de cada nueva revolución tecnológica es su efecto *invasivo* en la estructura del sistema económico. Aunque las ramas *inducidas* de la economía son diferentes, son muy relevantes en cada caso, como lo son también los cambios inducidos en las destrezas

necesarias y, por tanto, en los sistemas de formación y capacitación.

La cuarta característica recurrente de cada ciclo largo es, por tanto, una *crisis de ajuste estructural* en la que las destrezas y la distribución de la mano de obra y de las empresas se adaptan al nuevo paradigma, y las convenciones sociales, los contratos, las leyes y los procedimientos generalmente aceptados tienden a cambiar despacio y, en algunos casos, tras un periodo de conflictos.

Los altos niveles recurrentes de desempleo estructural son una importante manifestación de estas crisis de ajuste en cada ciclo largo. Las estadísticas disponibles para el siglo XIX son muy escasas, pero existen pruebas sólidas de niveles muy graves de desempleo en las décadas de 1830 y 1840 en Reino Unido. David Wells (1890), por su parte, comentaba el desempleo generalizado en la década de 1880 en la mayoría de los países industrializados, y muy especialmente en los más avanzados en cuanto al uso de maquinaria. Existen, por supuesto, abundantes evidencias estadísticas del fuerte desempleo estructural registrado en las décadas de 1920 y 1930 y, de nuevo, en las de 1980 y 1990. Incluso en el *boom* de los años veinte en Estados Unidos, como señalaron Fearon (1987) y el National Bureau of Economic Research (NBER), algunos sectores experimentaron serios problemas de ajuste, como el carbón, los ferrocarriles y la construcción naval. En Alemania y Gran Bretaña, en la industria pesada en general, pero sobre todo en la del acero y la construcción naval, se dieron problemas persistentes de ajuste estructural. En los años ochenta, el sector automovilístico, el petrolífero, el de los materiales sintéticos y de nuevo el del acero estuvieron entre los muchos que experimentaron graves problemas de ajuste.

Hoy en día, la crisis de ajuste estructural se materializa en un gran ejército de desempleados permanentes como consecuencia del desequilibrio de la cualificación y el empleo entre los sectores y las ramas con un alto grado de rentabilidad y competitividad pero pocos puestos de trabajo y aquellos que solían contar con

un gran número de empleos pero tienen una competitividad en retroceso. Sin una reorganización que permita un buen acoplamiento entre las capacidades tecnológicas y el marco social e institucional, la recuperación será lenta y se verá interrumpida por crisis profundas como las desencadenadas por las quiebras financieras de 1987 o 2007.

Cambios recurrentes del régimen regulador

Por último, una característica recurrente de los cambios cualitativos engendrados por el ciclo largo es una reconfiguración periódica del *régimen de regulación* de la tecnología y, en general, de la economía. Resulta bastante obvio que cambios tan extendidos como la mecanización, la electrificación, la motorización y la informatización generan exigencias de formación y capacitación totalmente nuevas, lo que con cada crisis sucesiva de ajuste estructural ha llevado a diversos movimientos de reforma de la educación. También es evidente que cada nueva tecnología importante crea nuevas necesidades de seguridad y protección, ya sea de los operarios de la industria, los consumidores o las personas de ciertas áreas expuestas. Sin embargo, los cambios recurrentes del régimen regulador van mucho más allá de estos efectos inducidos inmediatos y obvios. Incluso en este nivel elemental, los requisitos de regulación pueden plantear algunas cuestiones *políticas* fundamentales como la *autorregulación* de las industrias frente a la regulación estatal, la regulación nacional frente a la internacional o la local frente a la nacional. También plantean cuestiones relacionadas con los *estándares*, un área que no suele escapar a los conflictos y las disputas, tanto entre grupos que compiten entre sí y tratan de promocionar su versión de la nueva tecnología como entre distintas naciones que aspiran a proteger sus propios intereses. En el ámbito de las inversiones en nuevas infraestructuras, suelen surgir problemas asociados a la *propiedad* y el control. Si la propiedad privada es la solución adoptada en un caso concreto, esto también provoca

controversias relacionadas con el monopolio, la competencia y la regulación de los precios. Igualmente problemáticos son los aspectos relativos al comercio y la protección, tanto de las nuevas industrias como de las antiguas.

Normalmente, los líderes de una nueva oleada tecnológica, como Reino Unido en el siglo XIX o Estados Unidos en el XX, defenderán la apertura de los mercados mundiales a los nuevos productos y servicios en los que sobresalen, mientras que los países que tratan de darles alcance esgrimirán en muchos casos argumentos sobre las industrias nacientes para justificar diversas formas de protección. Las principales economías tratarán de defender y, si tienen la fuerza necesaria, imponer un régimen de regulación internacional con instituciones que favorezcan los intereses de sus principales industrias. Por tanto, lo que está en juego en cada crisis estructural es una reorganización de todo el marco institucional y social, porque se produce un desajuste entre el marco regulador desarrollado y consolidado por una generación anterior para las tecnologías e industrias más antiguas, las necesidades de la nueva constelación emergente y los intereses de los nuevos líderes tecnológicos.

Una vez que un nuevo régimen tecnológico y regulador ha pasado a ser dominante y está firmemente establecido, el fenómeno de *dependencia forzosa* (*lock in*) del nuevo régimen resulta evidente. Y no se trata solo de la dependencia con respecto a los diseños, los estándares técnicos, los componentes y demás aspectos preponderantes, sino también de la dependencia con respecto a todo tipo de estándares e instituciones sociales —al margen de las variaciones que estos puedan presentar en distintos países— en respuesta al equilibrio cambiante entre las fuerzas políticas y sociales existentes en cada país y en el escenario internacional. La inestabilidad de la estructura económica internacional actual se pone de manifiesto no en el modo en que las economías emergentes desafían el papel dominante de los líderes anteriores, sino en el hecho de que no existe un orden internacional estable

para dar coherencia al comercio y resolver las disputas.

Uno de los aspectos del profundo cambio en curso que tiene cierta relevancia en los temas tratados en las secciones siguientes es el impacto en la cultura de la innovación económica y tecnológica, que altera los modos de producción de significado e imágenes ya existentes, distorsiona otros, sugiere algunos nuevos y crea referencias universales en el contexto de un mercado global unificado.

IMPACTO DE LA INNOVACIÓN ECONÓMICA Y TECNOLÓGICA EN LA PRODUCCIÓN CULTURAL

A fin de ilustrar este análisis de algunas tendencias históricas y definir su impacto en la creación de valores, nos centraremos ahora en el efecto que la innovación tiene en la creación de rasgos culturales. Pensemos en el ejemplo extremo del arte. Es extremo porque el arte se postula y se define como fenómeno autónomo con respecto a otras relaciones sociales y como una expresión peculiar de la creación de una nueva cultura o comunicación. La producción de obras de arte como parte de la producción cultural es el territorio en el que la autonomía con respecto a los procesos sociales y, en particular, con respecto a la determinación económica se manifiesta de un modo más radical. Sin embargo, el arte es un caso interesante de la interacción entre la individualidad y la sociedad, de invención condicionada por la tecnología.

De hecho, el arte tiene una lógica y un tiempo propios. Con frecuencia, anticipa el futuro o crea mundos alternativos. Esa es una de las razones por las que en esta sección pasaremos de la producción de arte a la producción más amplia de artefactos, imágenes y sonidos culturales o, en general, a las referencias como parte de las transformaciones culturales de una sociedad cambiante.

A pesar de la reivindicación de la autonomía del arte, quienes la producen viven en sociedades concretas y su horizonte viene determinado en gran medida por las potencialidades de su

“Lo que está en juego en cada crisis estructural es una reorganización de todo el marco institucional y social, porque se produce un desajuste entre el marco regulador desarrollado y consolidado por una generación anterior para las tecnologías e industrias más antiguas, las necesidades de la nueva constelación emergente y los intereses de los nuevos líderes tecnológicos”

época. En el mismo sentido, la creación de una cultura específica, entendida en general como la coherencia de las formas de comunicación en la moda, la comida, la literatura, la arquitectura, la danza o la música, está, al igual que la evolución de los idiomas u otros fenómenos sociales, fuertemente vinculada a su época. El marco tecnológico, la estructura social y el proceso histórico de la formación del conocimiento definen el contexto tanto para la obra de arte como para la construcción de culturas sociales.

Esta sección explora esta conexión con el fin de ofrecer una descripción general de los grandes procesos de creación social de productos culturales. Este tema no se ha estudiado antes en la literatura especializada y aquí solo se esboza

como sugerencia para futuras investigaciones. En este sentido, nuestro argumento es que en la producción cultural se dan corrientes concretas que se pueden entender mejor en el marco de la visión ya mencionada de la sociedad y la historia, y que este nexo es crucial para comprender las formas de comunicación social organizada que imperan en las sociedades modernas.

No se pretende sugerir que los medios tecnológicos determinan la producción de los valores culturales como tales; eso supondría subestimar la influencia de los rasgos sociales e individuales en la creación de los artefactos culturales y la comunicación. Pero existen pruebas que demuestran que el panorama de oportunidades tecnológicas ha dado lugar a distintas formas de producción cultural al amplificar y seleccionar nuevos medios e inducir nuevas trayectorias como el cine, el vídeo, el clip y la creación continua de imágenes y mensajes.

En resumen, el razonamiento es, primero, que los grandes cambios de la economía tienen una relación causal con las alteraciones profundas que se dan en la estructura social, incluidas las de las formas de trabajo y poder y los modos dominantes de comunicación y, en segundo lugar, que las corrientes de la producción cultural no se pueden entender aisladas de estos cambios.

El cuadro 1 refleja este argumento. Cada época viene definida por la revolución industrial que originó la *vorágine* que cambió el modo de vida y configuró cada experiencia concreta de modernidad. En consecuencia, se distinguen tres categorías principales: mientras que la revolución industrial original marcó la pauta del proceso de *modernización* que siguió al lento desarrollo posterior a la Ilustración y al siglo XVI, la *modernidad* se convirtió en el lenguaje emergente del conflicto contra la expansión y el predominio del mercado moderno. No contra la tecnología o las máquinas —veneradas de hecho por los futuristas y otros modernos, que elogiaban el automóvil como arquetipo del progreso de la humanidad—, sino contra las relaciones impersonales

“Los grandes cambios de la economía tienen una relación causal con las alteraciones profundas que se dan en la estructura social, incluidas las de las formas de trabajo y poder y los modos dominantes de comunicación y las corrientes de la producción cultural no se pueden entender aisladas de estos cambios”

del mercado y la cosificación general inherente al capitalismo. Por último, el triunfo del mercado sobre su oposición radical viene marcado por su penetración en lo que, hasta entonces, había sido el mundo parcialmente separado de la producción artística: este periodo se ha denominado *posmodernidad*. En palabras de Jameson, «la modernidad [fue] la experiencia y el resultado de una modernización *incompleta*, [...] [y] la posmodernidad comienza a aparecer cuando el proceso de modernización, liberado ya de características y obstáculos arcaicos que deba superar, ha implantado de forma triunfal su propia lógica autónoma» (Jameson, 1991: 366).

Dicho esto, ni la modernidad de ayer ni la posmodernidad de hoy fueron —o son— culturalmente dominantes o absolutamente hegemónicas: como se indica en el cuadro, se pueden considerar rasgos emergentes de la producción cultural, representativos del conflicto en curso.

Pero la modernidad y la posmodernidad son las tendencias más estrechamente vinculadas a las fracturas de la historia en su propia época. De hecho, para sus contemporáneos fueron verdaderos terremotos. Un ejemplo célebre es el de las trágicas y mil veces citadas imágenes del *Angelus Novus* de Paul Klee, una representación de la transformación impuesta por la segunda revolución industrial que Walter Benjamin evoca en su conocidísima descripción:

En él se representa a un ángel que parece como si estuviese a punto de alejarse de algo que le tiene pasmado. Sus ojos están desmesuradamente abiertos, la boca abierta y extendidas las alas. Y este deberá ser el aspecto del ángel de la historia. Ha vuelto el rostro hacia el pasado. Donde a nosotros se nos manifiesta una cadena de datos, él ve una catástrofe única que amontona incansablemente ruina sobre ruina, arrojándolas a sus pies. Bien quisiera él detenerse, despertar a los muertos y recomponer lo despedazado. Pero desde el paraíso sopla un huracán que se ha enredado en sus alas y que es tan fuerte que el ángel ya no puede cerrarlas. Este huracán le empuja irrefrenablemente

hacia el futuro, al cual da la espalda, mientras que los montones de ruinas crecen ante él hasta el cielo. Ese huracán es lo que nosotros llamamos progreso. (Benjamin, 1973: 259-260)⁵

Esta oleada de progreso invadió la vida diaria y transformó los modos de producción, distribución y comunicación al final del siglo XIX. La cultura del nuevo siglo formó parte de esta catástrofe: «Il faut être absolument moderne», decía Rimbaud. La siguiente revolución industrial y tecnológica impuso una nueva versión de la máxima: no podemos sino ser posmodernos. La estructura de esta evolución queda reflejada en el cuadro siguiente:

Como indica el cuadro, hay lapsos considerables entre los acontecimientos y las tendencias que tienen una relación causal; además hay un gran margen de autonomía entre las transformaciones tecnológicas que dan cabida a nuevos métodos de difusión y permiten nuevas experiencias del proceso de modernización y sus equivalentes culturales. Sin embargo, es la creación de nuevos medios tecnológicos la que marca las pautas de la transformación.

Cuadro 1. Una perspectiva a largo plazo de la producción cultural

Periodo	Revolución industrial	Rasgos culturales emergentes	Ejemplos	Modos de comunicación	Centros de producción cultural
Ciclo largo II 1848-década de 1890	Producción mecánica de motores de vapor	Realismo		Conversación Libros	Londres
Transición década de 1890					París
Ciclo largo III - décadas de 1890-1940	Producción mecánica de motores eléctricos y de combustión interna	Modernidad	Expresionismo, cubismo, futurismo	Palabra impresa (libros, periódicos)	París, Berlín, Viena, San Petersburgo
Transición décadas de 1940 y 1950			Rock'n roll	Radio, cine	Nueva York
Ciclo largo IV - años cuarenta en adelante	Producción mecánica de máquinas eléctricas y electrónicas	Pos modernidad	Pop, punk, moda, publicidad	Cine, TV	Nueva York, Los Ángeles, Bollywood
Transición ?			MTV, YouTube, Facebook, Twitter	TV, clips y bits transmitidos electrónicamente	

⁵ W. Benjamin, *Tesis de filosofía de la historia*. Trad. de Jesús Aguirre. Madrid: Taurus, 1973.

El ejemplo indiscutible, aunque no único, es la creación de la *galaxia Gutenberg* en el siglo xv: permitió el desarrollo de «un sistema dominado esencialmente por la mente tipográfica y el orden fonético del alfabeto» (Castells, 1996, I: 331). Dado que el alfabeto era la *tecnología conceptual* dominante desde la Grecia del año 700 a. de C., se estableció como infraestructura privilegiada para la codificación del conocimiento acumulativo. Pero solo se convirtió en un modo dominante de comunicación cuando la capacidad industrial estableció la palabra impresa como forma directa de expresión y el libro como herramienta cultural de la *élite*. Como consecuencia, durante toda aquella época los sonidos y las imágenes quedaron fuera del ámbito del discurso escrito y fueron relegados al dominio independiente y ligeramente esotérico de la producción artística.

Se inició una nueva época cuando la producción fordista se hizo extensiva a todo el tejido social y llegó a la reproducción mecánica de las obras de arte. Entonces, la radio y el cine —la primera forma artística claramente mediática, dado que la *ópera* solo había desempeñado ese papel en algunas áreas restringidas de Europa, por ejemplo en Italia, como había ocurrido con el teatro en Reino Unido— se convirtieron en los modos dominantes de comunicación.

Por último, llegando ya a nuestra época, un *nuevo orden alfabético*, un nuevo metalenguaje digital, se está imponiendo como infraestructura cultural: «Una transformación tecnológica de dimensiones históricas similares [*a las de la creación del alfabeto*] está ocurriendo 2.700 años después, a saber, la integración de varios modos de comunicación en una red interactiva» (Castells, 1996: 328). Estas transformaciones que marcaron sus épocas respectivas se recogen en el cuadro 2.

Como ya se ha indicado, los periodos representados en los cuadros 1 y 2 no fueron —y no son— periodos de uniformidad, y su producción cultural fue a fortiori un panorama turbulento de diversidad y contradicción. Sus rasgos culturales emergentes no fueron necesariamente dominantes ni hegemónicos a lo largo de su época, aunque definieron una visión peculiar de la tormenta de modernización y terminaron por convertirse en las características más distinguibles de su herencia.

El realismo representó la primera interpretación del mundo cambiante, y ese nuevo mundo reservaba un papel concreto para el negocio del entretenimiento: las novelas, el teatro y la ópera fueron, para algunos países, los precursores de la industria cultural de la segunda mitad del siglo. Aunque este negocio seguía estando

Cuadro 2. Modos de producción cultural

Periodo	Característica dominante	Construcción de significados	Técnica de producción cultural	Actitud adoptada socialmente	Tendencia emergente en la producción cultural
CL I y II	Capitalismo liberal	Difusión jerárquica del conocimiento, obras auráticas	Producción discontinua y escasa de obras individuales	Reverencia Admiración	Modernización prometeica
CL III	Fordismo	Reproducción mecánica de las obras de arte, efecto de distanciamiento	Artefactos discontinuos y producción densa	Contemplación Concentración	Modernidad apolínea
CL IV, V emergente	Capitalismo tardío	Cultura populista antiaurática, efecto global de cosificación	Flujo continuo, redes	Distracción	Posmodernidad dionisiaca

separado de la producción de la alta cultura, el avance del mercado en esta dirección hacía prever la estetización de la vida cotidiana, pero aún haría falta otro cambio tecnológico de alcance para lograrlo.

La modernidad fue la respuesta a estos primeros movimientos: al romper con la estética de la representación en el arte y con el discurso teórico basado en los mundos aislados de la cultura y la vida social (Lash y Urry, 1987: 13), la revolución moderna se cimentó sobre los desafíos del proceso capitalista de modernización. Llevó a la pintura no figurativa y expresionista, a la nueva poesía lírica, al existencialismo en la filosofía, a los *films d'auteur*. Al atacar el mercado y no la tecnología, los modernos fueron fascistas con Marinetti y comunistas con Maiakovski: veneraban los coches, la velocidad y el movimiento, los colores violentos y los sentimientos intensos. Francis Picabia, Marcel Duchamp, Fernand Léger y Diego Rivera pintaron máquinas y reflejaron la posibilidad de restaurar la vida social en un nuevo mundo tecnológico; Frank Lloyd Wright, Le Corbusier y Mies van der Rohe aplicaron la nueva visión a la arquitectura y reedificaron la vida urbana.

Pero la modernidad tenía sus raíces en la alta cultura, y el cuartel general de la resistencia se estableció en la autenticidad, la originalidad y la unicidad de la obra de arte: su discurso era el de la creatividad (Lash y Urry, 1987: 286) y la defensa del aura de los artefactos artísticos. En ese sentido, el arte, en la sociedad, reivindicaba una separación radical de las formas culturales con respecto al marco social, y esa fue la causa de su intenso atractivo y también de su fracaso. En cuestión de décadas, la expansión del mercado conquistó este último bastión de la crítica cultural y lo transformó en una industria cuya producción se da según un patrón de flujos continuos.

De hecho, la alteración crucial introducida en el periodo de la posguerra fue la difusión generalizada de la televisión comercial. En consecuencia, la industria del cine, el epicentro de la producción cultural desde el inicio del siglo,

“Todos los sonidos y las imágenes se reducen a fragmentos de *info-entretenimiento*. La gran consecuencia de este fenómeno es el uso pleno del potencial de creación de *temporalidades ficticias* y, por tanto, la *apropiación tecnológica de la subjetividad*, que genera un tipo nuevo y específico de populismo de los medios que se ha convertido en la base de la industria del entretenimiento”

pasó de la producción de obras intermitentes y aisladas, vistas por grandes audiencias en espacios únicos, a la de flujos de imágenes y sonidos que se verían simultáneamente en todos los entornos privados. La experiencia colectiva simultánea se transformó en una experiencia individualizada simultánea. Además, las modificaciones no se limitaron al entorno en el que se experimentaba el producto cultural: impusieron un cambio en el propio producto, ya que el flujo continuo aniquila el esfuerzo de la memoria e impone la pérdida de historicidad al mezclar las noticias, los culebrones y los concursos en el mismo nivel de discurso. Todos los sonidos y

las imágenes se reducen a fragmentos de *infotretenimiento*. La gran consecuencia de este fenómeno es el uso pleno del potencial de creación de *temporalidades ficticias* y, por tanto, la *apropiación tecnológica de la subjetividad*, que genera un tipo nuevo y específico de populismo de los medios que se ha convertido en la base de la industria del entretenimiento (Jameson, 1991: 74).

Las consecuencias sociales de este cambio drástico de la cultura aún distan de comprenderse por completo. En cualquier caso, son resultado de la transformación de la cultura por la acción del mercado. La creciente importancia de los anuncios, el consumo del discurso del consumo y la idea del deseo que impregna la publicidad llevan a la imagen como forma final de cosificación de un producto: el producto se identifica con su marca o su logotipo. La publicidad es la forma dominante de producción de símbolos en la cultura posmoderna: la posmodernidad es ese modo de producción en el que la publicidad es la nueva tecnología de la comunicación, una nueva *tecnología conceptual* u *orden alfabético* de nuestros días. Como consecuencia, la cultura tiene una función para el mercado.

Moda y comida rápida, películas de serie B y *remakes*, arte pop de Warhol, parodias y *kitsch*, ciencia ficción, música y vídeo quedan reducidos a fragmentos, y estas imágenes pueblan el universo del *pastiche*, por usar el concepto de Thomas Mann. Las categorías espaciales han reemplazado a las temporales, la profundidad histórica ha sucumbido a lo efímero y la concentración ha dado paso a las trivialidades superficiales: la transformación de la cultura en una mercancía es un proceso devastador.

Como este proceso se está dando en nuestros días, aún se desconocen sus repercusiones, aunque hay dos que se derivan del patrón de comunicación impuesto por esta revolución cultural. En primer lugar, «un efecto crucial de los medios electrónicos y los cambios espacio-temporales en nuestras desorganizadoras sociedades capitalistas ha sido la descentralización de

“La publicidad es la forma dominante de producción de símbolos en la cultura posmoderna: la posmodernidad es ese modo de producción en el que la publicidad es la nueva tecnología de la comunicación, una nueva *tecnología conceptual* u *orden alfabético* de nuestros días. Como consecuencia, la cultura tiene una función para el mercado”

las identidades y la flexibilización o desestructuración del grupo y la cuadrícula» (Lash y Urry, 1987: 299). Pero, en segundo lugar, esta iconografía de la modernidad también impone una oposición bipolar entre la Red y el Yo, de modo que «en esta condición de esquizofrenia estructural entre función y significado, las pautas de comunicación social cada vez se someten a una tensión mayor» (Castells, 1996, I: 3).

Así pues, ¿cómo fue posible que las máquinas produjeran máquinas y que la información produjera información hasta el punto de que hayamos pasado de una cultura de realidad virtual a una cultura de virtualidad real en este periodo de transición? Esta es la cuestión que aborda Castells en su magnífica *La era de la información: economía, sociedad y cultura*. La respuesta reside en los cambios tecnológicos asociados con la

revolución de la información y la comunicación que emerge en el cuarto ciclo largo, así como en el proceso de selección social que ha determinado la forma del nuevo paradigma tecnoeconómico que desafía el modo de desarrollo aún dominante en nuestros tiempos de discordancia y transición. La respuesta es la red de productos culturales y posibilidades de comunicación que existe en una economía de mercado.

En este marco, seguimos la sugerencia de Jameson de reformular el concepto de *capitalismo tardío* tal y como lo usaron en la escuela de Frankfurt autores como Adorno y Horkheimer y, posteriormente, Ernest Mandel. El *capitalismo tardío* describe la galaxia de estructuras económicas, métodos de producción y *substratos* culturales derivados de la expansión que lleva la mercantilización hasta la Naturaleza y el Yo o el inconsciente. Se trata de un proceso de cosificación de todas las relaciones sociales; es decir, de una forma más pura de capitalismo. El capitalismo tardío es, pues, el nombre que designa a las transformaciones tecnológicas difundidas desde la década de 1950 y a las alteraciones culturales que han surgido desde la década de 1960 hasta nuestros días. Como constelación cultural, tuvo un largo periodo de maduración: fue incluso anunciado en las primeras décadas del siglo por el arte dadá y el surrealismo, que inventaron estos tonos posmodernos, aunque inspiraban su actividad en un espíritu de denuncia de la economía de mercado como adversaria del arte. Y, sin embargo, fue justamente cuando la tecnología pasó a estar disponible para la producción de flujos continuos de info-entretenimiento cuando la posmodernidad ganó la batalla.

En contra de lo que opinan MacLuhan y tantos otros investigadores, esta victoria no representó la imposición de una cultura universal completa: no vivimos en una aldea global, sino en «chalecitos individuales, producidos a escala global y distribuidos localmente» (Castells, 1996 I: 341). Cada artefacto cultural está vinculado a un contexto local y la producción de iconos sigue estando condicionada por las fronteras

nacionales y regionales: su comprensión es fundamentalmente local. El mundo global es un mundo de diversidad. Pero los iconos se producen industrialmente y son los fragmentos constitutivos de nuestra comunicación global, y esta estética de la distracción es universal. Señala el triunfo de una nueva tecnología conceptual en el mapa de la cultura.

Y, sin embargo, esta tecnología no impone por sí sola un orden social; por el contrario, su predominio depende de las mutaciones sociales descritas aquí como ciclos largos del desarrollo capitalista.

CONCLUSIÓN: CAMBIOS SOCIALES Y CULTURALES EN LOS CICLOS LARGOS

La presentación preliminar de los cambios recurrentes que caracterizan a cada ciclo largo ya ha ido más allá de los fenómenos puramente económicos y tecnológicos, y en la sección anterior se ha analizado la producción de referencias culturales, que es fundamentalmente autónoma aunque está influenciada por el movimiento social como conjunto. La crisis de ajuste estructural y los cambios periódicos del régimen regulador suscitan preguntas fundamentales sobre las relaciones entre los cambios técnicos, políticos y culturales, en un proceso que se puede describir del siguiente modo:

Consideremos, en primer lugar, los cambios del régimen regulador, ya sea en el nivel nacional o en el internacional, dado que pueden generar las disputas políticas e ideológicas más fundamentales en las distintas naciones y entre ellas. Lloyd-Jones y Lewis (1998) han llevado a cabo un valiosísimo estudio sobre el conflicto por las leyes del grano que tuvo lugar en Reino Unido en las décadas de 1830 y 1840, y sobre el conflicto posterior por la reforma arancelaria que se dio en el mismo país a finales del siglo XIX y principios del XX. Estos dos conflictos escindieron el partido conservador, entonces en el poder, y provocaron importantes reestructuraciones en la política británica, y cada uno de ellos estuvo asociado con la crisis estructural

de un ciclo largo. Los problemas relativos a la protección arancelaria tuvieron también efectos profundos en Estados Unidos, Alemania y Japón durante su industrialización y su puesta al día en materia tecnológica. Sin embargo, las dimensiones políticas del comercio libre y la reforma arancelaria van sin duda mucho más allá de la simple cuestión de regular algunos nuevos productos y servicios o proteger las industrias más antiguas, aunque estos problemas puedan estar en la base de los conflictos. En muchos casos, se entiende que están en juego intereses nacionales fundamentales, además de intereses de algunos sectores concretos. En un ámbito más general, las disputas relacionadas con las cuestiones comerciales pueden ser una fuente importante de fricción en las relaciones internacionales, como se puso de manifiesto en la carrera armamentística naval anglo-alemana anterior a 1914. La guerra mundial, que tuvo lugar entre 1939 y 1945 y que marcó el punto de inflexión tras el ciclo largo depresivo de las primeras décadas del siglo, y abrió un periodo de crecimiento y prosperidad, es otro ejemplo de esta concatenación de soluciones políticas y militares para las persistentes disputas relacionadas con los mercados y los recursos.

En segundo lugar, consideremos la profundidad de los choques sociales, que pueden exacerbarse durante una crisis estructural, como se desprende con claridad de los conflictos laborales que se producen. La historia recoge el malestar social generalizado y los brotes de ludismo asociados con la destrucción de los oficios y las profesiones tradicionales, como los de los tejedores de los telares manuales. Algunos historiadores han sostenido que el ludismo, especialmente el de la industria calcetera de Nottinghamshire, fue motivado principalmente por el deseo de proteger los estándares de calidad británicos en el comercio extranjero. Según esta visión, los trabajadores temían más la pérdida de puestos de trabajo debida a la erosión de las ventas británicas en los mercados extranjeros que la causada por la mecanización. Sea cual

sea la interpretación de estos hechos, resulta bastante obvio que la destrucción del medio de vida de cientos de miles de personas tenía que causar necesariamente un agudo malestar social, algo que se ha repetido en todas las crisis de ajuste estructural. En las industrias y las tecnologías en expansión son inevitables además los conflictos por los salarios, el estatus y las condiciones laborales de distintos grupos de jefes y trabajadores. Los conflictos modernos desencadenan una gama más amplia de problemas con profundas implicaciones culturales, como los referentes a la sostenibilidad ecológica de las políticas industriales o urbanas, los efectos en el cambio climático, las relaciones internacionales y la pobreza.

El tercer dominio de interés en este contexto es el de los cambios técnicos, relativamente independientes de los otros cambios ya descritos, algo que conocemos de modo superficial, ya que es un hecho generalmente aceptado que la evolución, por ejemplo, del barco, el martillo, el pedernal empleado en las herramientas y las armas, los arneses del caballo y el motor de vapor o el arado pone de manifiesto por igual la autonomía *relativa* de las mejoras que a lo largo de los siglos se han realizado en estos instrumentos, tan esenciales para la civilización humana. El entorno de selección, que interesa, inspira y limita a ingenieros, diseñadores, inventores, mecánicos y numerosos historiadores de la tecnología es principalmente el entorno *técnico*, que engloba los criterios de eficiencia y fiabilidad técnica y de compatibilidad con los sistemas tecnológicos imaginables presentes o futuros.

La influencia recíproca de la ciencia y la tecnología ha quedado demostrada en numerosos estudios y resulta de hecho obvia en campos como la tecnología informática y la biotecnología, así como en algunos avances anteriores como la termodinámica y el motor de vapor. La tecnología debe tener en cuenta las leyes de la naturaleza y, por tanto, las de la ciencia. No obstante, Price (1984), Rosenberg (1969, 1982), Pavitt (1995) y otros muchos han elaborado

“La influencia recíproca de la ciencia y la tecnología ha quedado demostrada en numerosos estudios y resulta de hecho obvia en campos como la tecnología informática y la biotecnología, así como en algunos avances anteriores como la termodinámica y el motor de vapor”

argumentos convincentes para reconocer las características especiales de cada subsistema precisamente con el fin de entender la naturaleza de su interacción. Y este enfoque no limita su validez a la historia reciente, como ilustra con claridad la ingente contribución de Needham (1954) a la historia de la ciencia y la tecnología china.

Los historiadores de la tecnología, como Gille (1978) y Hughes (1982), han demostrado ampliamente la naturaleza *sistémica* de las tecnologías y han analizado las interdependencias existentes entre los distintos elementos de los sistemas tecnológicos. Tanto ellos como Rosenberg han puesto de manifiesto también que los imperativos tecnológicos derivados de estas características sistémicas pueden ayudar a focalizar los nuevos esfuerzos inventivos. Por último, en su influyente artículo «In Search of Useful Theory of Innovation», Nelson y Winter (1977) llamaron la atención sobre el papel que desempeñan las *trayectorias tecnológicas*, ya sean específicas

de productos o sectores concretos o generales, como la electrificación o la mecanización, que afectan a un alto número de procesos e industrias, algo que también sucede con la informatización. Identificaron con acierto la combinación de esas trayectorias con el incremento de la producción y los mercados como una de las influencias más importantes en el crecimiento económico. Dosi (1982) llevó estas ideas un paso más lejos en su obra sobre las trayectorias y los paradigmas tecnológicos, en la que señalaba la autonomía relativa de algunos patrones de desarrollo tecnológico por analogía con los paradigmas de Kuhn en la ciencia. A pesar de la evidente y estrecha interdependencia existente entre la tecnología y la economía o entre la tecnología y la ciencia, es esencial considerar estas características relativamente autónomas en la historia de la tecnología.

Una teoría satisfactoria del crecimiento y el desarrollo económico debe tener en cuenta estos procesos, pero también debe reconocer que la autonomía *relativa* de los avances evolutivos de la ciencia y la tecnología justifica una consideración independiente. Podemos aplicar un argumento esencialmente similar al cambio *económico*. Nadie puede dudar seriamente de la importancia que la acumulación de capital, los beneficios, los cambios en la organización de las compañías y el comportamiento de las empresas y los bancos han tenido en la evolución de las sociedades industriales a lo largo de los dos últimos siglos. Las instituciones económicas también demuestran cierta autonomía relativa en los ciclos de su desarrollo. En cualquier caso, las explicaciones del crecimiento económico deben prestar especial atención a las interdependencias existentes entre la historia económica y la historia tecnológica. Es precisamente la necesidad de entender la naturaleza cambiante de esta interdependencia la que lleva a proponer una teoría que describa los fenómenos recurrentes y las fases no sincronizadas del desarrollo en las que, por ejemplo, los cambios de la tecnología se adelantan a las formas institucionales del

sistema de producción y de mercado, que puede cambiar con lentitud o ser refractario a los cambios durante periodos relativamente largos. También puede ocurrir lo contrario, lo que impulsaría los nuevos avances tecnológicos, como sucedió con la línea de montaje o la producción industrial.

Por último, el cambio *cultural* se reconoce generalmente como una importante influencia en el crecimiento económico. En la sección anterior, se exploró el sentido contrario de influencia: la que el modo económico de desarrollo y disponibilidad de las tecnologías tiene en la producción de la cultura, en un proceso en el que el primero crea oportunidades e incentivos para los nuevos avances de la segunda. Es obligado subrayar ahora el impacto de la cultura, como parte de la creación de los valores sociales, en las dinámicas de crecimiento, ya que estos valores tienden a concentrar la resistencia o el recelo con respecto a las características del cambio institucional impuesto por la difusión de los conjuntos de innovaciones radicales. Los valores sociales son un producto de las instituciones y reconocen contratos, leyes, rutinas, tipos de comunicación, jerarquías, las formas, en fin, de cada pacto social que rige cada sociedad, y suelen por tanto ser contrarios al cambio radical y desconocido. Aunque algunas sociedades —algunas culturas— tienen una mayor inclinación a aceptar el desafío de la innovación y la ruptura con la trayectoria anterior, es comprensible que una respuesta flexible al huracán del cambio pase por imponer reglas que ya sean familiares para la sociedad. De hecho, cualquier nueva economía o tecnología se asimila de acuerdo con el conocimiento previamente establecido. Esta es la razón por la que las sociedades desarrolladas modernas son tan estables: cambian, pero tienden a adaptarse al cambio. La economía evolutiva está sin duda familiarizada con estos procesos, ya que imita a la perfección aspectos de la evolución natural como la creación de variedad (innovación) y la selección del cambio (entorno estable).

Pero este proceso de adaptación y creación de estabilidad también es responsable de cierto conservadurismo contra las implicaciones radicales de la innovación social derivadas de las innovaciones radicales del sistema tecnológico, donde suelen originarse. El sistema socioinstitucional y sus estándares culturales suelen provocar la discordancia o la falta de sincronidad señalada previamente como motor de los ciclos largos del desarrollo capitalista.

En cualquier caso, una visión general de las determinaciones culturales de las relaciones sociales debería enfatizar todas estas contribuciones a la formación de los modos de razonamiento y las mentalidades sociales, incluida la motivación para aceptar el cambio y la rutina. De hecho, los cambios sociales, políticos y culturales interaccionan en las sociedades modernas bajo el impacto de los cambios técnicos y organizacionales, ya sea para responder a ellos o para oponer resistencia. Si se han de explicar los fenómenos de ralentización o aceleración, las culturas dominantes de una época revelan y registran los efectos combinados de sus historias del presente y el pasado. Las instituciones, que son el resultado de esas culturas y relaciones sociales, son las estructuras decisivas para la evolución económica y la condición que lleva a crecer o perecer.

Los ciclos largos, esa moderna maldición heraclitiana, concentran los procesos sociales y económicos de evolución y cambio, de adaptación y de creación de variedad o innovación. Pero la innovación altera las estructuras y la cultura, las instituciones y las rutinas, que están encajadas en trayectorias establecidas. Esta es la razón por la que las innovaciones radicales que marcan una época y se agrupan en las revoluciones industriales y tecnológicas pueden crear nuevos brotes de desarrollo económico pero suelen enfrentarse a una importante resistencia institucional.

Eso es lo que está ocurriendo en la actualidad. Los primeros años del siglo XXI estuvieron marcados por la fabulosa proliferación de un

conjunto de innovaciones con aplicaciones en una amplia gama de procesos productivos y economías de servicio y, simultáneamente, por la desestructuración de los mercados financieros y por una dinámica en la que la especulación destruía riquezas y ahorros, y la acumulación se alejaba de la creación de valor. Esto se puede explicar recurriendo a los movimientos asíncronos de la fase depresiva del ciclo largo y a la aparición de nuevas ramas rentables que estimulan la especulación y la sobreacumulación. Como en los ciclos largos anteriores, la pregunta crucial no es por qué el impulso tecnológico no se traduce en rendimiento macroeconómico, sino qué pasos se deben dar para reorganizar las redes sociales y crear instituciones económicas que puedan regular un nuevo sistema en el que se generen empleos, cualificaciones, bienestar y más innovación. Hay quien dirá que esto es, en definitiva, una cuestión de cambio cultural.

BIBLIOGRAFÍA

- BENJAMIN, W. (1973), *Illuminations*, Londres: Fontana.
- BERMAN, M. (1983), *All That is Solid Melts into Air – the Experience of Modernity*, Londres: Verso.
- BOYER, R. (1988), «Technical Change and the Theory of Regulation», en G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, L. Soete (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Londres: Pinter, pp. 67-94.
- CASTELLS, M. (1996), *The Information Age: Economy, Society and Culture*, vol. I, *The Rise of the Network Society*, Oxford: Blackwell. Existe versión española (2000-2003), *La era de la información: economía, sociedad y cultura*. Madrid: Alianza Editorial.
- DOSI, G. (1982), «Technological Paradigms and Technological Trajectories», *Research Policy* 11(3), pp. 147-62.
- FEARON, P. (1987), *War, Prosperity and Depression: The American Economy 1917-1945*, Deddington: Phillip Alan.
- FREEMAN, C., y F. LOUÇÃ (2002), *As Time Goes By – From the Industrial Revolutions to the Information Revolution*, Oxford: Oxford University Press.
- GILLE, B. (1978), *Histoire des Techniques*, París: Gallimard.
- GOODWIN, R. (1985), «A Personal Perspective Economics», *Banca Nazionale del Lavoro Quarterly Review* 152, pp. 3-13.
- HARVEY, D. (1992), *A Condição Pós-Moderna*, São Paulo: Loyola.
- HUGHES, T. (1982), *Networks of Power Electrification in Western Society, 1800-1930*, Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- JAMESON, F. (1991), *Postmodernism or The Cultural Logic of Late Capitalism*, Londres: Verso.
- LASH, S., y J. URRY (1987), *The End of Organized Capitalism*, Madison: University of Wisconsin Press.
- LLOYD-JONES, R., y M. LEWIS (1998), *British Industrial Capitalism since the Industrial Revolution*, Londres: UCL Press.
- MANDEL, E. (1980), *Long Waves of Capitalist Development*, Cambridge: CUP.
- NELSON, R., y S. WINTER (1977), «In Search of a Useful Theory of Innovation», *Research Policy* 6(1), pp. 36-76.
- PAVITT, K. (1995), «Academic Research and Technical Change», en R. MacLeod (ed.), *Technology and the Human Prospect*, Londres: Pinter, pp. 31-54.
- POLETAYEV, A. (1987), «Profits and Long Waves», documento de trabajo, Congreso de Montpellier sobre los ciclos largos.
- PRICE, D. (1984), «The Science-Technology Relationship», *Research Policy*, 13(1), pp. 3-20.
- ROSENBERG, N. (1969), «Directions of Technological Change: Inducement Mechanisms and Focusing Devices», *Economic Development and Cultural Change* 18, pp. 1-24.
- ROSENBERG, N. (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge: CUP.
- SOMBART, W. (1929), «Economic Theory and Economic History», *Economic History Review* 2, p. 18.
- TYLECOTE, A. (1992), *The Long Waves in the World Economy: The Present Crisis in Historical Perspective*, Londres: Routledge.
- WELLS, D. (1890), *Recent Economic Changes*, Londres: Longman.

BBVA

El cambio tecnológico y la evolución del sistema nacional de innovación estadounidense en el periodo 1880-1990

David C. Mowery

Haas School of Business,
Berkeley University, California
y National Bureau of Economic
Research (NBER)

INTRODUCCIÓN

Desde el siglo XIX el cambio tecnológico ha desempeñado un papel fundamental en el crecimiento económico de Estados Unidos. En los primeros estudios en la materia de Solow (1957) y de Abramovitz (1956) se afirmaba que la intensificación de la mano de obra y del capital representaba no más del 15% del crecimiento total de la producción per cápita estadounidense entre mediados del siglo XIX y mediados del XX. El 85% restante, denominado *residual*, generalmente se considera una medida de los efectos económicos del cambio tecnológico, aunque Abramovitz se refería acertadamente a él como la «medida de nuestra ignorancia». En el presente artículo se analizan las cambiantes características de la innovación y la relación existente entre esta y el crecimiento económico estadounidense durante ese largo periodo.

La transición del siglo XIX al XX estuvo marcada por la modificación de las fuentes de crecimiento económico de Estados Unidos, ya que pasó de la explotación de un rico legado nacional de recursos naturales a la explotación de recursos *creados* a partir del conocimiento y de científicos y técnicos altamente cualificados. Los avances en el campo tecnológico y del conocimiento ayudaron a aprovechar el legado de recursos estadounidense durante el siglo XIX,

facilitando así que este país tomase la delantera al líder mundial de la época, esto es, Gran Bretaña. Sin embargo, desde finales del siglo XIX Estados Unidos tuvo que experimentar una larga transición, del crecimiento económico impulsado por los recursos a otro impulsado por el conocimiento.

La innovación institucional resultó ser un complemento imprescindible de la innovación tecnológica durante y después de este periodo en lo que respecta al desarrollo económico estadounidense. La inversión pública y privada en nuevas estructuras organizacionales concebidas para apoyar la creación de conocimientos, la innovación y la enseñanza, fue esencial en la cambiante trayectoria del crecimiento económico de Estados Unidos en los siglos XIX y XX. La inversión hecha por el gobierno federal y los gobiernos estatales apoyó la creación de una infraestructura de enseñanza superior que al final demostró ser una importante fuente de conocimientos científicos y técnicos, así como de expertos (Goldin y Katz, 2009). La inversión industrial en el desarrollo de nuevas tecnologías también fue especialmente relevante durante el siglo XX. Por último, durante el periodo 1945-1989, dominado por tensiones geopolíticas que provocaron cuantiosas inversiones de fondos públicos en defensa y otros ámbitos afines por

parte del gobierno federal, se produjo una nueva transformación de esta compleja combinación de instituciones públicas y privadas dedicadas a financiar la innovación.

En este artículo examinamos el desarrollo del *sistema nacional de innovación* estadounidense desde finales del siglo XIX hasta finales del XX. El marco de referencia del *sistema nacional de innovación* utilizado para analizar los resultados y la política en materia de innovación es objeto de muchos estudios académicos, que han florecido desde que este concepto se articuló por primera vez en la obra de Freeman (1987; véanse también las obras de Lundvall, 1992 y de Nelson, 1993). Por lo común, dentro de los sistemas *nacionales* de innovación se incluyen las instituciones, las políticas y la normativa, los agentes, los procesos que afectan a la creación de conocimientos, los procesos de innovación que traducen la investigación en aplicaciones (para su venta comercial o para su utilización en contextos *no mercantiles* como la defensa nacional) y los procesos que influyen en la adopción de innovaciones.

Por lo tanto, el sistema nacional de innovación estadounidense incluye no solo a las instituciones que llevan a cabo la investigación y el desarrollo, además del volumen y las fuentes de financiación de esa I+D, sino también las políticas y normas (como la política antimonopolio, los derechos de propiedad industrial e intelectual y la política regulatoria) que afectan al desarrollo tecnológico, a la formación de científicos y técnicos especializados y a la adopción de tecnologías. Otros elementos institucionales, como los sistemas nacionales de enseñanza superior, las finanzas empresariales y el buen gobierno de las empresas son también elementos fundamentales de los sistemas nacionales de innovación. La estructura del sistema de innovación de un país es el resultado de complejos procesos históricos de desarrollo institucional que se ven afectados por las políticas públicas y por otros factores. Además, los resultados finales de esos sistemas dependen en parte de las acciones y

las decisiones de empresas privadas, que pueden reforzar o atenuar los efectos de las políticas gubernamentales.

PERSPECTIVA GENERAL DEL AVANCE ECONÓMICO ESTADOUNIDENSE DURANTE EL PERIODO 1800-1910

Abramovitz y David (2000), David y Wright (1997) y Wright (2007) consideran que el crecimiento económico en Estados Unidos en el siglo XIX fue más intensivo en capital y recursos naturales que el crecimiento en Europa occidental durante el mismo periodo. El carácter intensivo en capital del crecimiento económico estadounidense en el siglo XIX fue consecuencia de las elevadas tasas de inversión y de innovaciones de relevancia en las infraestructuras de transportes y comunicaciones (canales, ferrocarriles, telégrafo y teléfono) que contribuyeron al desarrollo de otro importante factor del crecimiento económico de Estados Unidos, en aquel siglo, a saber, el gran mercado nacional unificado que los fabricantes en particular supieron explotar tras la guerra civil. Durante gran parte del siglo XIX ese mercado nacional se caracterizó por el grado relativamente bajo de desigualdad en materia de rentas, al contrario de Gran Bretaña y otras economías europeas, lo que se tradujo en un amplio y homogéneo perfil de la demanda de los consumidores. Asimismo, la disponibilidad de un sistema de transporte interior fiable durante todo el año facilitaba la exportación de productos agrícolas procedentes de las grandes y relativamente fértiles extensiones de terreno de Estados Unidos.

Durante las dos últimas décadas del siglo XIX la economía estadounidense inició el largo paso de una trayectoria de crecimiento extensivo basada en la intensificación de las aportaciones de capital, recursos y mano de obra, a otra más intensiva en conocimiento, asociada a tasas superiores de crecimiento total de la productividad de los factores económicos (Abramovitz y David, 2002). Uno de los ejemplos más concluyentes de este cambio gradual fue el mayor aprovechamiento de los conocimientos científicos y

técnicos en las industrias de extracción de recursos que se pusieron en marcha a finales del siglo XIX (David y Wright, 1997). Tal como señalan estos autores, Estados Unidos fue un país pionero en el establecimiento de nuevos centros de investigación y enseñanza en materia de ingeniería minera, geología y disciplinas afines, que contribuyeron a la expansión de la producción de minerales y otras materias primas asociadas durante este periodo. Debido en parte al creciente legado de reservas naturales económicamente relevantes, las empresas estadounidenses adoptaron múltiples tecnologías que les permitieron producir en serie, en particular en las industrias metalúrgica y de maquinaria, a finales del siglo que estamos estudiando (Nelson y Wright, 1992: 135)¹.

Muchas de las primeras instituciones académicas especializadas en esos campos de investigación y enseñanza fueron financiadas públicamente, lo cual ponía de relieve otra característica importante del periodo de progreso económico posterior a 1870. La Ley Morrill del año 1862 sentó las bases de una enseñanza superior de financiación pública y (junto con la Ley Hatch de 1887) logró que se ampliaran las dotaciones de los presupuestos estatales y federales destinadas a actividades de investigación y expansión en agricultura. El desarrollo a gran escala de la educación superior en Estados Unidos se produjo en paralelo a la aparición de la primera *universidad de investigación* estadounidense (la Universidad Johns Hopkins, fundada en 1876), basada en el modelo alemán de universidad investigadora que había demostrado su eficacia en el apoyo a la investigación científica y la colaboración con la industria. Pese a que hizo falta esperar muchos años (y gastar miles de millones de dólares de fondos públicos) para que las universidades estadounidenses alcanzaran puestos de liderazgo científico en el mundo, incluso antes de lograr la excelencia investigadora, esas instituciones desempeñaron un papel crucial en la formación de generaciones de científicos, ingenieros y directivos, y establecieron

redes de colaboración en materia de investigación científica y técnica con los sectores industriales estadounidenses que promovieron el crecimiento económico del país a finales del siglo XIX y durante el siglo XX

Gran parte de la innovación tecnológica que impulsó el desarrollo económico estadounidense durante el siglo XIX puede considerarse *precientífica*, ya que se basaba tanto en la experimentación por el método de aproximaciones sucesivas, aplicado por profesionales cualificados, como en actividades que podrían denominarse de «I+D». La dependencia de la innovación del siglo XIX de la «realización de pequeños ajustes» se redujo durante sus últimas décadas, gracias al desarrollo de nuevas áreas de producción e innovación industriales que se basaban en tecnologías más complejas asociadas a otros conocimientos científicos y de ingeniería. Esa dependencia de conocimientos más formalizados implicó que el crecimiento de las «nuevas industrias» de la Segunda Revolución Industrial, en especial la química y la de maquinaria eléctrica, estuviera asociado a inversiones en I+D en la propia empresa, actividad con muy pocos precedentes en la mayoría de las sociedades mercantiles estadounidenses.

Las pioneras en este tipo de innovación organizacional fueron las grandes empresas químicas alemanas del último cuarto del siglo XIX, cuyo crecimiento se basó en las innovaciones hechas en teñidos. No obstante, a principios de siglo XX algunas grandes empresas estadounidenses ya habían creado también sus propios departamentos internos de I+D. Casi con seguridad, el crecimiento de esos laboratorios no hubiera sido posible si no se hubieran producido cambios complementarios en instituciones externas a la empresa, como es el desarrollo de las universidades estadounidenses o de nuevos mecanismos de financiación industrial. Ahora bien, el auge de los laboratorios industriales de I+D supuso también un cambio fundamental en la estructura del sistema nacional de innovación de Estados Unidos.

¹ «Esos nuevos logros de fin de siglo podrían considerarse la confluencia de dos corrientes tecnológicas: el constante avance de las competencias y los rendimientos en materia mecánica y metalúrgica, centrado en la producción a gran escala de mercancías normalizadas, y el proceso de explorar, desarrollar y utilizar la base de recursos minerales de la economía nacional.»

EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN INDUSTRIAL ESTADOUNIDENSE EN LA SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL (1890-1945)

Al término de la primera década del siglo XX algunas grandes empresas de fabricación estadounidenses ya habían creado laboratorios internos de investigación industrial como parte de una reestructuración de más alcance que transformó sus escalas, sus estructuras de dirección, sus cadenas de producción y su proyección en el mundo. Muchos de los primeros inversores empresariales de Estados Unidos en I+D industrial, como General Electric y Alcoa, promovieron innovaciones de productos o de procesos que se basaban en los adelantos habidos en física y química. Los laboratorios internos de I+D contribuyeron a acelerar la integración del proceso de desarrollo y mejora de la tecnología industrial en el ámbito de las empresas manufactureras estadounidenses, reduciendo así la importancia tecnológica y económica del inventor independiente (Schmookler, 1957).

Sin embargo, los centros internos de investigación de las grandes empresas estadounidenses no se dedicaban solo a crear nuevas tecnologías. A semejanza de los laboratorios de las empresas alemanas de teñidos, esos laboratorios industriales estadounidenses también estaban al tanto de los desarrollos tecnológicos habidos fuera de la empresa y asesoraban a la alta dirección en cuanto a la adquisición de tecnologías desarrolladas externamente. Así, por ejemplo, muchas de las grandes innovaciones de Du Pont en materia de productos y procesos durante este periodo se realizaron a partir de fuentes externas a la empresa, que posteriormente Du Pont desarrollaba y comercializaba (Mueller, 1962; Hounshell y Smith, 1988; Hounshell, 1995)². Los centros internos de I+D de las empresas estadounidenses evolucionaron en paralelo a los laboratorios independientes de I+D, que llevaban a cabo sus investigaciones por encargo, en el marco de contratos de servicio (véase también Mowery, 1983a). Ahora bien, a lo largo del siglo XX se fue reduciendo

paulatinamente el porcentaje de investigadores industriales pertenecientes a laboratorios de investigación independientes.

La evolución de la investigación industrial en Estados Unidos también estuvo influida por otro factor, inexistente en Alemania, durante el siglo XIX y principios del XX, esto es, la regulación jurídica de la competencia. A finales del siglo XIX, las interpretaciones judiciales de la Ley Sherman de lucha contra actividades monopolísticas habían hecho que los convenios firmados entre empresas para el control de precios y de la producción fueran objeto de enjuiciamiento civil. La ola de fusiones de empresas habida en Estados Unidos en el periodo 1895-1904, en especial después del año 1898, fue una de las respuestas a este nuevo marco jurídico. Como los acuerdos de fijación de precios y de distribución de mercados, tanto formales como informales, habían sido declarados ilegales en un número cada vez mayor de causas judiciales, las empresas recurrieron a la realización de fusiones horizontales para el control de precios y mercados³.

El impulso que la Ley Sherman dio a las fusiones horizontales finalizó en 1904 con el fallo del Tribunal Supremo relativo a la causa «Northern Securities», aunque muchas grandes empresas estadounidenses respondieron al nuevo marco antimonopolio con la adopción de estrategias de diversificación basadas en actividades internas de I+D que brindaban apoyo a la comercialización de nuevas tecnologías desarrolladas internamente o adquiridas a proveedores externos. George Eastman consideraba que la investigación industrial era una vía para apoyar la diversificación y el crecimiento de su empresa Eastman Kodak (Sturchio, 1988: 8). Por su parte, la compañía Du Pont utilizaba la investigación industrial para diversificarse fuera de los negocios de pólvora negra y sin humos, incluso antes de la sentencia judicial antimonopolio del año 1913 que obligó a la empresa a enajenar sus negocios de pólvora negra y de dinamita (Hounshell y Smith, 1988: 57).

² Los centros de investigación de AT&T desempeñaron un papel decisivo en la adquisición del *triado* al inventor independiente Lee de Forest y, además, asesoraron a la alta dirección de la empresa en su decisión de adquirir la tecnología de bobina de carga de Pupin (Reich, 1985). El área de investigación de General Electric supervisaba los adelantos tecnológicos extranjeros en materia de filamentos de bombillas, así como las invenciones de empresas o personas externas, y también se dedicaba a comprar los derechos de patentes de innovaciones llevadas a cabo en todo el mundo (Reich, 1985: 61). La compañía Standard Oil de Nueva Jersey creó su Departamento de Desarrollo precisamente con el propósito de desarrollar tecnologías adquiridas a otras fuentes y no de efectuar investigaciones originales (Gibb y Knowlton, 1956: 525). La división de I+D de Alcoa también supervisaba estrechamente las innovaciones de procesos y muchas veces las adquiría externamente (Graham y Pruitt, 1990: 145-147).

³ V. Stigler (1968). El Tribunal Supremo resolvió en la causa «Trans Missouri Association» en 1898 y en la causa «Addyston Pipe» en 1899 que la Ley Sherman prohibía todo tipo de acuerdos entre empresas en materia de precios o de reparto de mercados. Los datos aportados en las obras de Thorelli (1954) y de Lamoreaux (1985) muestran un incremento en el número de fusiones habidas entre los periodos de 1895-1898 y de 1899-1902. Lamoreaux (1985) sostiene que otros factores, incluida la mayor intensidad de capital de las tecnologías de producción y el consecuente aumento de los costes fijos, influyeron de forma más significativa en la ola de fusiones estadounidense, pero en su estudio (p. 109) también se reconoce la importancia de la Ley Sherman en cuanto al apogeo de la ola de fusiones. Asimismo, Lamoreaux hace hincapié en los incentivos creados por la aplicación más

rigurosa de la Ley Sherman después de 1904 para que las empresas buscasen alternativas a la fusión o la cartelización en forma de estrategias para el logro o el mantenimiento del dominio del mercado.

⁴ Esas estrategias de adquisición de tecnologías se apoyaban en un mercado nacional de la propiedad intelectual que creció mucho durante el periodo 1880-1920. En opinión de Lamoreaux y Sokoloff (1999), el desarrollo del mercado nacional de la propiedad intelectual permitió que los inventores independientes se especializaran y, de ese modo, mejorasen su productividad y los resultados innovadores generales de la economía estadounidense durante este periodo. Sin embargo, en los primeros años del siglo XX el incremento de los costes de las invenciones y la mayor demanda de formación formal científica y técnica provocaron la sustitución de los inventores independientes por los pertenecientes a empresas (Lamoreaux y Sokoloff, 2005).

⁵ Hounshell y Smith (1988: 298) indican que 46 de los 176 doctores supervisados por Carl Marvel, durante mucho tiempo profesor de la Facultad de Químicas de la Universidad de Illinois, encontraron trabajo en una sola empresa: Du Pont. Según Thackray (1982: 221), el 65% de los 184 doctores supervisados por el profesor Roger Adams de la Universidad de Illinois durante el periodo 1918-1958 empezó a trabajar directamente en investigación industrial. En 1940, 30 de los 46 doctores titulados por la Facultad de Químicas de la Universidad de Illinois encontraron su primer empleo en la industria.

Pese a que la legislación antimonopolio estadounidense tuvo un efecto disuasorio en la realización de fusiones horizontales entre grandes empresas en las mismas áreas de negocio, durante gran parte del periodo previo a 1940 tuvo escasa repercusión en las iniciativas emprendidas por esas empresas para adquirir nuevas tecnologías externamente. El desarrollo de la investigación industrial, así como la creación de un mercado para la adquisición y la venta de tecnologías industriales, también se vieron beneficiadas por las reformas habidas entre 1890 y 1910 en la política de patentes de Estados Unidos, que reforzaron los derechos de los titulares de las patentes (Mowery, 1995)⁴. La tolerancia judicial con respecto a políticas que permitían la inclusión de unas condiciones más restrictivas de la competencia en las licencias de explotación de patentes aumentó aun más el valor de las patentes en las estrategias de investigación de las empresas. Aunque la búsqueda de nuevas patentes incentivaba la investigación industrial, la inevitable caducidad de esas patentes también fomentaba mucho el establecimiento de laboratorios de investigación industrial. Por ejemplo, American Telephone and Telegraph y General Electric crearon o ampliaron sus laboratorios internos en respuesta a la cada vez mayor presión competitiva derivada de la caducidad de algunas patentes básicas (Reich, 1985; Millard, 1990: 156). Las continuas iniciativas destinadas a mejorar y proteger los activos tecnológicos de las empresas servían de complemento a la adquisición de patentes en tecnologías afines pertenecientes a otras empresas y a inventores independientes.

Muchos de los componentes del modelo de *innovación abierta*, definido por su principal defensor como un nuevo modelo para la gestión de la innovación empresarial según el cual «las empresas pueden y deben utilizar las ideas externas y las internas» (Chesbrough, 2003), estuvieron presentes en las primeras fases del desarrollo de la I+D industrial de Estados Unidos. Los propios centros de I+D de las principales

empresas industriales actuaban como supervisores de los desarrollos tecnológicos externos y apoyaban la compra por parte de sus sociedades matrices de importantes innovaciones a inventores independientes y a otras empresas.

Otro aspecto en el que el desarrollo de la investigación industrial del periodo anterior a 1940 se asemeja al de los últimos veinte años es la colaboración entre la investigación industrial y la académica. Furman y MacGarvie (2005) ponen de relieve que los centros de I+D de la industria farmacéutica creados en el periodo 1927-1946 en Estados Unidos solían estar ubicados cerca de las universidades líderes en investigación, y también ofrecen otras pruebas de colaboración en materia farmacéutica entre la universidad y la industria durante ese periodo. Otros autores (Mowery *et al.*, 2004; Rosenberg, 1998) han subrayado la importancia de ese tipo de cooperación en ese mismo periodo, especialmente en lo que atañe al desarrollo de campos de investigación tan importantes como la ingeniería química.

La formación de científicos e ingenieros por las universidades públicas para su dedicación a la investigación industrial también unió a la industria y las universidades estadounidenses durante las primeras décadas del siglo XX. Las personas con titulación de doctor que habían sido formadas en universidades públicas fueron elementos clave de la expansión del empleo en materia de investigación industrial en este periodo (Thackray, 1982: 211)⁵. El tamaño de este cualificado conjunto de recursos humanos era tan importante como su calidad, si bien, a pesar de que la situación estaba mejorando en la década anterior a 1940, Cohen (1976) señala que prácticamente todos los científicos *serios* estadounidenses completaban sus estudios en universidades europeas. Thackray *et al.* (1985) sostiene que la investigación química estadounidense durante este periodo fue objeto de interés (en forma de citas en otros trabajos científicos) tanto por su cantidad como por su calidad.

El gasto federal en I+D durante los años treinta constituyó del 12 al 20% del gasto total estadounidense en esa materia, del que la industria representaba alrededor del 66%. El resto provenía de universidades, gobiernos estatales, fundaciones privadas y centros de investigación. Algunos cálculos indican que es posible que los fondos estatales llegaran a representar hasta el 14% de la financiación de la investigación universitaria durante los años 1935 y 1936 (Resources Planning Board, 1942: 178). Además, según esos datos parece que la contribución de los gobiernos estatales a la investigación universitaria en materia no agrícola superó a la contribución federal, en marcado contraste con el periodo posterior a la guerra. El modesto papel desempeñado por el gobierno federal en la financiación de la I+D estadounidense durante los años treinta varió radicalmente como consecuencia de los acontecimientos políticos ocurridos en los veinte años siguientes.

LA TRANSFORMACIÓN DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN ESTADOUNIDENSE EN EL PERIODO 1945-1989

La guerra mundial de 1939-1945 transformó la estructura de las organizaciones de I+D en todas las economías industriales. No obstante, en ningún país industrializado ese cambio fue tan impresionante como en Estados Unidos. La estructura del sistema de I+D estadounidense anterior a 1940 era semejante a la de los principales países industrializados de la época, como Reino Unido, Alemania y Francia, caracterizada por el hecho de que la industria era la fuente principal de financiación y de ejecución de la I+D y porque la financiación del gobierno central en este campo era reducida. Ahora bien, después de la guerra el sistema estadounidense de I+D se hizo distinto al de las demás economías industriales en, al menos, los tres aspectos siguientes: 1. la política antimonopolio de Estados Unidos durante el periodo posterior a la guerra fue más rigurosa de lo habitual; 2. algunas nuevas pequeñas empresas tuvieron un papel muy importante en la comercialización de las nuevas tecnologías,

especialmente en el campo de las tecnologías de la información⁶; y 3. la financiación y la adquisición de I+D asociada a la defensa ejercieron una influencia capital en los sectores de alta tecnología de la economía estadounidense.

Una de las características primordiales de la transformación institucional del sistema nacional de innovación de Estados Unidos durante este periodo fue el creciente apoyo federal a la I+D, en su mayor parte a la asociada a la defensa. Precisamente el gasto destinado a este tipo de I+D supuso más del 80% del gasto federal total en investigación y desarrollo durante casi toda la década de los cincuenta, que además pocas veces fue inferior al 50% del gasto federal en I+D durante todo el periodo 1949-2005 (véase el Gráfico 1 con datos procedentes de la U.S. Office of Management and Budget, 2005). Como el gasto federal en I+D representó más del 50% del gasto nacional total por ese concepto durante el periodo 1953-1978 (solo se dispone de datos relativos a la inversión nacional total en I+D a partir de 1952) y solo disminuyó por debajo del 40% en 1991 (el porcentaje más reducido después de la guerra corresponde al año 2000 con un 25%, tal como se muestra en el Gráfico 2 con datos procedentes del National Science Board, 2006), resulta evidente la relevancia de la inversión del gobierno federal en materia de I+D asociada a la defensa. Incluso en algunos años del periodo posterior a la guerra (por ejemplo, a finales de los cincuenta y principios de los sesenta) esta clase de inversión representó casi la mitad de todo el gasto nacional en I+D.

Los programas de I+D relacionados con la defensa influyeron en el proceso de innovación de la economía estadounidense durante todo el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial. Una gran parte de la *infraestructura de I+D* de la economía de la posguerra (incluyendo los grandes centros de investigación de la industria, del gobierno o de las universidades) se creó con fondos provenientes de programas de I+D asociados a la defensa. Además, los fondos relacionados con la defensa destinados a la investigación

⁶ Chandler e Hikino (1997) sostienen que las empresas ya consolidadas dominaban la comercialización de las nuevas tecnologías en la mayoría de los sectores de la economía estadounidense con posterioridad a la guerra, con la importante excepción de las «...tecnologías de procesamiento electrónico de datos basadas en transistores y circuitos integrados...» (p. 33).

Gráfico 1. Financiación federal y no federal de la I+D, 1953-2002

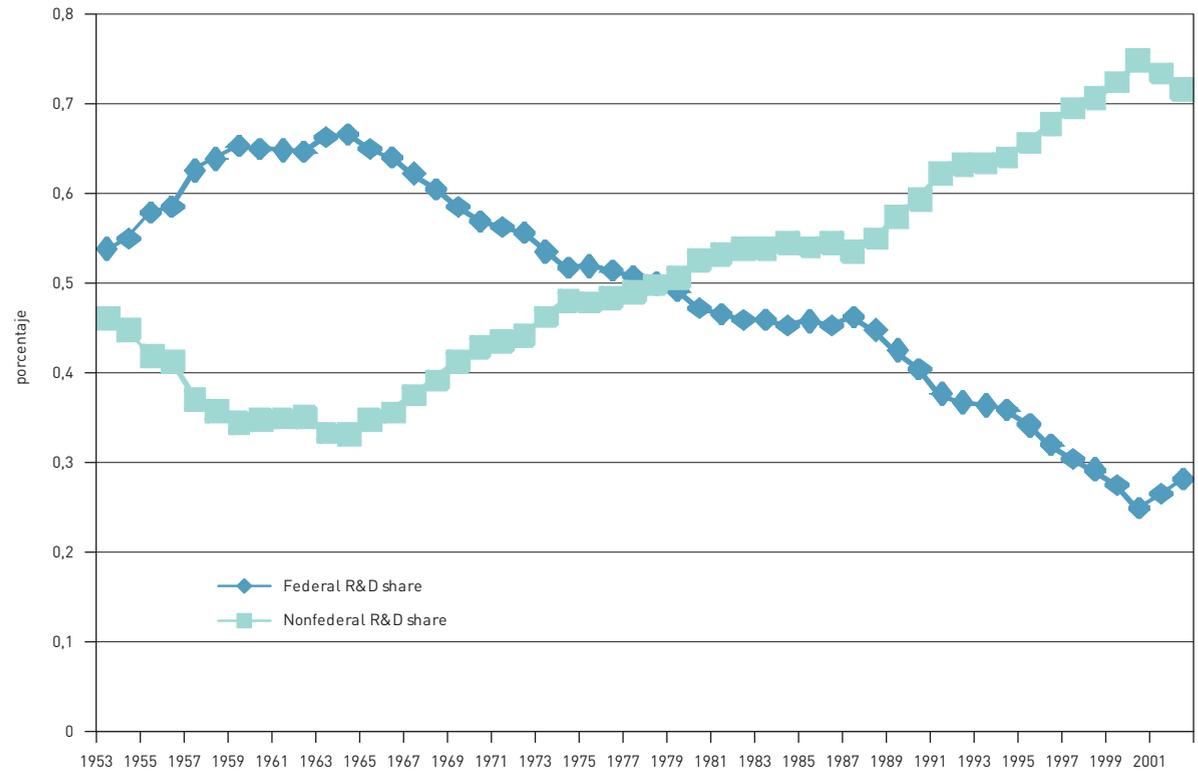
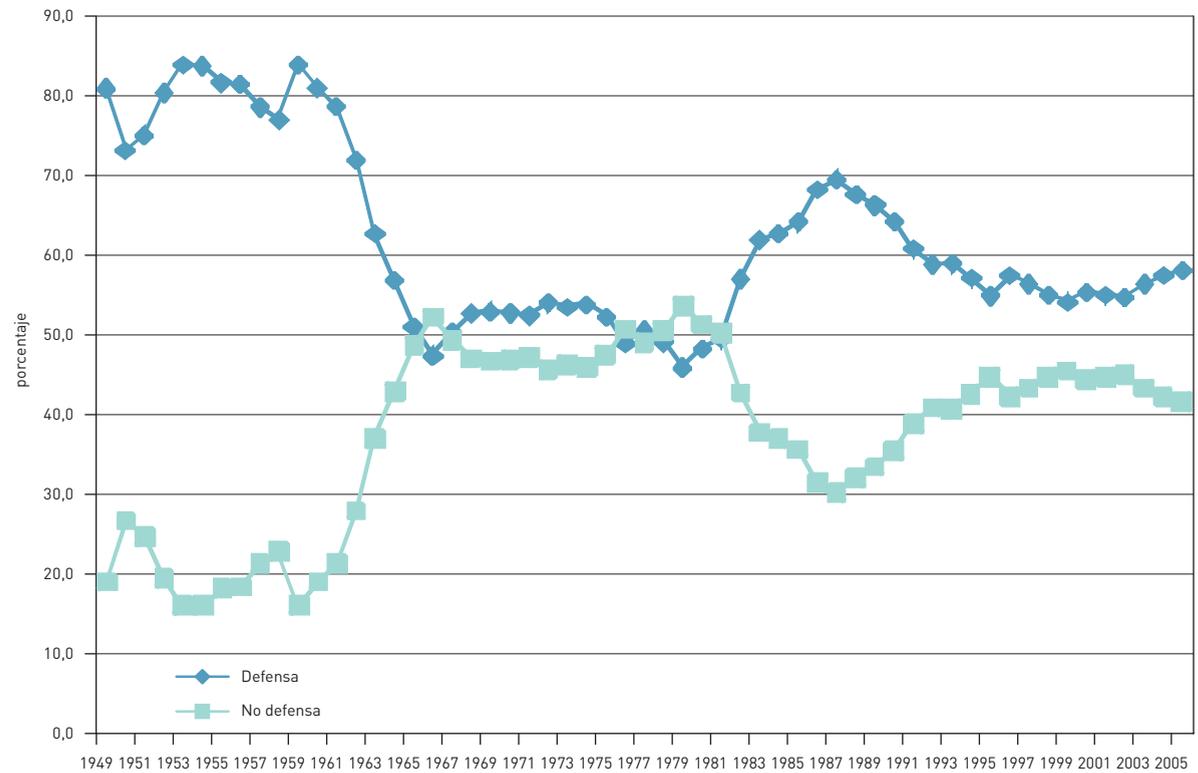


Gráfico 2. Porcentajes en defensa y no defensa de los desembolsos totales del gobierno federal en I+D, 1949-2005



académica en campos como las ciencias informáticas o la oceanografía sirvieron para financiar la formación de miles de científicos e ingenieros. Una importante segunda vía de influencia estuvo asociada a los *productos derivados* tecnológicos, es decir, a los avances tecnológicos desarrollados para aplicaciones afines a la defensa que encontraron grandes mercados en la economía civil. Ese tipo de aplicaciones derivadas fue especialmente relevante en el sector aeroespacial y las tecnologías de la información.

La tercera importante vía por la cual el gasto en nuevas tecnologías relacionadas con la defensa promovió las aplicaciones tecnológicas civiles y contribuyó al aprovechamiento de los productos derivados tecnológicos fue la de los contratos públicos de suministro. Por lo común, los programas de I+D relacionados con la defensa de la posguerra se complementaban con importantes compras de nuevas tecnologías. Las fuerzas armadas estadounidenses, cuyas condiciones para la adjudicación de contratos públicos habitualmente hacían hincapié en los resultados y las prestaciones finales por encima de cualesquiera otras condiciones (incluido el coste), desempeñaron una función especialmente importante durante el periodo posterior a 1945 en su calidad de *comprador principal* que efectuaba grandes pedidos de las primeras versiones de nuevas tecnologías. Esos pedidos de compra permitieron que los proveedores de productos como los transistores o los circuitos integrados redujeran sus precios e incrementasen su fiabilidad y funcionalidad⁷. Los contratos públicos hicieron que los innovadores se beneficiasen del aprendizaje vinculado a la producción y de reducciones de costes gracias al aumento de la producción de las primeras versiones de una nueva tecnología. La disminución de los costes de producción permitió que los precios se redujesen y se abrieran nuevos mercados civiles (por lo general, más sensibles a los precios) para esas tecnologías.

Entre los ejemplos de productos tecnológicos derivados del gasto en I+D relacionado con la defensa estadounidense tras la Segunda Guerra

Mundial destacan el motor a reacción y el fuselaje de ala en flecha que transformaron el sector de la aviación comercial de la posguerra. Los grandes avances en materia de interconexiones informáticas y de tecnologías de memoria informática, que rápidamente se manifestaron en forma de aplicaciones civiles y programas militares, también tienen su origen en programas de I+D destinados a la defensa. La contratación pública asociada a la defensa fue especialmente importante en la industria de las tecnologías de la información de Estados Unidos tras la guerra. Sin embargo, en otras áreas, como las máquinas herramientas controladas digitalmente, la demanda relacionada con la defensa de aplicaciones de nuevas tecnologías tuvo efectos negativos en el futuro comercial de las empresas estadounidenses de máquinas herramientas (Mazzoleni, 1999; Stowsky, 1992). Por otro lado, las tecnologías de reactores nucleares de agua ligera que se desarrollaron primeramente para aplicaciones militares fueron al final muy escasamente adaptadas al sector civil (Cowan, 1990).

Las vías de interacción promovidas por los productos derivados y la contratación pública fueron especialmente significativas cuando las exigencias civiles y militares de nuevas tecnologías coincidían en gran medida y también cuando la demanda asociada a la defensa representaba un elevado porcentaje de la demanda total de una nueva tecnología. Tanto en el sector aeroespacial como en el de las tecnologías de la información, la relevancia económica y tecnológica de las aplicaciones derivadas militares y civiles parece haber disminuido como consecuencia de la cada vez mayor divergencia de los requisitos tecnológicos de los productos militares y civiles, así como del crecimiento de los mercados civiles para esos productos. Además, en algunos casos, como en las tecnologías de la información, el efecto de las aplicaciones militares en el rumbo general del desarrollo técnico no solo se redujo en los años noventa, sino que las tecnologías de la defensa en algunos campos iban rezagadas respecto a las del sector civil, reflejando así la

⁷ Las nuevas tecnologías conllevan un largo periodo de *depuración*; de mejora de los resultados, las prestaciones y la fiabilidad; de reducción de los costes, y de aprendizaje a través de los usuarios y los productores en cuanto a las aplicaciones y al mantenimiento (Mowery y Rosenberg, 1999). El ritmo y las pautas de dicha mejora progresiva afectan a su tasa de adopción, la cual a su vez influye en el desarrollo de esas innovaciones.

menor influencia de la demanda asociada a la defensa y la mayor inversión en I+D para la innovación de las empresas privadas.

Aunque comúnmente los programas de I+D en el campo de la defensa están más centrados en el gasto en *desarrollo* que en *investigación*, la mera magnitud de la inversión global de fondos públicos permitía que la I+D relacionada con la defensa y a cargo del gobierno financiara la investigación académica en múltiples disciplinas de las ciencias físicas y la ingeniería. Pero los fondos federales destinados a I+D en ciencias biomédicas, que en gran medida se asignaban a la investigación, también crecieron mucho durante el periodo posterior a 1945. Pese a que el principal organismo federal proveedor de fondos para la investigación biomédica, el Instituto Nacional de Sanidad (NIH, según sus siglas en inglés), se creó en 1930, su programa de investigación externa no empezó a recibir grandes ayudas hasta la constitución en 1937 del Instituto Nacional del Cáncer, el primero de los veintiocho centros de investigación del NIH (Swain, 1962), y a finales de los años cuarenta los programas de investigación externa del NIH empezaron a crecer más rápidamente⁸. En 1970 los fondos destinados por el NIH a la investigación académica ascendieron a 2.000 millones de dólares (en dólares del año 2000), que llegaron a superar la cifra de 13.000 millones en 2009.

El rápido crecimiento del presupuesto del NIH, junto con el menor crecimiento de la I+D asociada a la defensa desde 1970, modificaron el desglose disciplinar de la investigación financiada por el gobierno federal, disminuyendo la importancia de la investigación en ciencias físicas e ingeniería y aumentando la de la correspondiente a ciencias biomédicas. Ese incremento de la financiación federal de la I+D biomédica ha sido superado por el crecimiento de la inversión privada en I+D en el sector farmacéutico estadounidense desde el año 1990. A principios del siglo XXI el gasto en I+D financiado con fondos federales representaba menos del 40% del gasto total en I+D de este sector⁹. En la actualidad,

el NIH financia la mitad del conjunto de I+D federal no relativa a la defensa y más del 60% de la investigación financiada federalmente de las universidades estadounidenses¹⁰.

Las ayudas brindadas por el NIH a la investigación académica facilitaron los progresos científicos en biología molecular y otros campos afines que dieron lugar al nacimiento de la industria de biotecnología durante los años setenta y ochenta. Los avances científicos logrados en universidades como las de Columbia, Stanford y California en San Francisco permitieron realizar nuevas aplicaciones en el sector farmacéutico y otros relacionados con él. Esas tres universidades y algunas otras más se convirtieron en importantes *incubadoras* de nuevas empresas y patentaron cada vez con mayor frecuencia los descubrimientos de su personal docente. Incluso antes de la adopción de la Ley Bayh-Dole en 1980, se habían registrado importantes patentes en nombre de esas tres universidades y las concesiones de licencias por parte de las universidades en el campo biomédico crecieron rápidamente durante los años ochenta y noventa (Mowery *et al.*, 2004).

A diferencia de las inversiones federales en tecnologías de la información, la política federal en materia de I+D en el sector biomédico no combinaba el *mecanismo de prioridad a la demanda* asociado a los contratos federales de suministro con sus grandes inversiones en investigación. Sin embargo, debido al predominio del sistema de pagos de terceros (de origen público o privado) en la mayor parte de la asistencia sanitaria en Estados Unidos, tanto los pacientes como los médicos eran más sensibles a los resultados que al precio. Como consecuencia de ello, las nuevas tecnologías solían imponer una prima sobre el precio en el mercado biomédico de Estados Unidos aun más elevada que en otros países industrializados, donde los sistemas públicos de la seguridad social a menudo limitaban los precios y los márgenes. Es posible que esos incentivos para adoptar y aplicar rápidamente nuevas tecnologías hayan influido en el

⁸ La mayor parte (el 80%) del presupuesto anual de investigación del NIH se dedica a financiar la investigación llevada a cabo en laboratorios de universidades, por lo general en las facultades de Medicina.

⁹ La U.S. Pharmaceutical Manufacturers Association calculaba que las empresas farmacéuticas extranjeras y estadounidenses habían invertido más de 26.000 millones de dólares en I+D en Estados Unidos en 2002, muy por encima de la inversión en I+D por valor de 16.000 millones de dólares del NIH de ese mismo año (véanse ambos cálculos en la publicación de la Pharmaceutical Manufacturers Association de 2003).

¹⁰ National Science Foundation/ Division of Science Resources Statistics, «Survey of Research and Development Expenditures at Universities and Colleges», año fiscal de 2006. <http://www.nsf.gov/statistics/nsf08300/pdf/nsf08300.pdf>.

aprovechamiento comercial de los conocimientos y los métodos generados por las inversiones en I+D del NIH por parte de las empresas farmacéuticas, de aparatos médicos y de biotecnología de Estados Unidos.

Como ya observamos anteriormente, una característica internacionalmente única del sistema nacional de innovación de Estados Unidos, que se remonta hasta finales del siglo XIX, ha sido el carácter inusualmente riguroso de su política antimonopolio, que ejerció una gran influencia en las primeras estrategias de I+D de muchas de las principales empresas industriales del país. La política de lucha contra los monopolios siguió afectando al desarrollo de la I+D industrial durante el periodo de posguerra, y en los años cincuenta y sesenta dificultó que las grandes empresas pudieran adquirir sociedades de sectores o tecnologías *afines* e incrementó su dependencia de fuentes internas para la adopción de nuevas tecnologías (Fligstein, 1990). En el caso de Du Pont, la utilización del laboratorio central y de su departamento de Desarrollo para la búsqueda de tecnologías de origen externo fue descartada por la alta dirección de la compañía debido a las restricciones antimonopolio a las que estaban sujetas las adquisiciones de empresas en industrias afines. Por ello, el descubrimiento interno (pero no el desarrollo) de nuevos productos se convirtió en algo primordial (Hounshell y Smith, 1988; obra en la que se hace hincapié en la expansión de posguerra de esta empresa en materia de I+D y su búsqueda de *nuevo nailon*¹¹), al contrario de la estrategia de la empresa con anterioridad a la Segunda Guerra Mundial. La concentración interna de la investigación de Du Pont parece haber afectado a los resultados innovadores de la empresa después de la guerra, pese a que su laboratorio central de investigación corporativa consiguió un prestigio invaluable entre la comunidad científica mundial.

En otras empresas estadounidenses la alta dirección intentó mantener el crecimiento por medio de la adquisición de sociedades de áreas

de negocio no relacionadas con las propias empresas, creando así conglomerados industriales con poca o ninguna vinculación tecnológica entre productos y procesos. Chandler (1990) y otros autores (por ejemplo, Ravenscraft y Scherer, 1987; Fligstein, 1990) sostienen que la diversificación redujo la comprensión de la alta dirección, así como su compromiso, con respecto al desarrollo de las tecnologías que tradicionalmente habían sido esenciales para el éxito competitivo, minando así la calidad y la coherencia del proceso de toma de decisiones en asuntos relacionados con las tecnologías¹².

Otra característica novedosa del sistema nacional de innovación de Estados Unidos durante el periodo 1945-1990, muy distinta al del periodo anterior a 1940, fue la presencia destacada de nuevas empresas en la comercialización de las nuevas tecnologías. En los sectores que realmente no existían antes de 1940, como el informático, el de semiconductores o el de biotecnologías, las nuevas empresas desempeñaron una función primordial en la comercialización de las innovaciones. Tras la Guerra, esos sectores fueron muy distintos en Estados Unidos a sus equivalentes en Japón y la mayoría de los países de Europa occidental, donde las tradicionales empresas electrónicas y farmacéuticas seguían dominando la comercialización de esas tecnologías.

Son varios los factores que explican la importancia de las nuevas empresas en el sistema de innovación estadounidense de posguerra. Los grandes centros de investigación básica de las universidades, del Estado y de algunas empresas privadas actuaron como *incubadoras* para el desarrollo de innovaciones que *traspasaron el umbral* gracias a las personas que constituyeron sociedades para comercializarlas. Pese a que Klepper (2009) sostiene que un modelo similar de iniciativa empresarial y constitución de nuevas empresas en la misma región geográfica también se dio en el sector automovilístico estadounidense de principios del siglo XX, la evolución de posguerra de los sectores de

¹¹ Hounshell y Smith (1988) así como Mueller (1962) sostienen que el descubrimiento y el desarrollo del nailon, una de las innovaciones de mayor éxito comercial de Du Pont, en realidad fueron atípicas frente a su estrategia de I+D anterior a 1940, ya que tenían un muy cercano parecido con la *innovación abierta*. En lugar de desarrollarlo hasta la comercialización tras su adquisición por Du Pont, el nailon se basaba en la investigación básica del Carothers en las instalaciones centrales de investigación corporativa de Du Pont. No obstante, el éxito del desarrollo del nailon desde la investigación básica hasta la comercialización ejerció una enorme influencia en la estrategia de I+D de posguerra de la empresa, sobre todo debido a que muchos altos directivos de Du Pont tenían experiencia directa en el proyecto del nailon. Hounshell (1992) sostiene que Du Pont tuvo mucho menos éxito a la hora de aplicar las «lecciones del nailon» a la gestión de innovaciones de fibras sintéticas muy costosas como Delrin en la época de posguerra.

¹² El estudio llevado a cabo por Graham (1986) acerca del fracaso de RCA a la hora de comercializar su tecnología de videodiscos frente a la enorme diversificación de la empresa en sectores tan poco afines como el de agencias de alquiler de coches o el de alimentos congelados, constituye un análisis ilustrativo de los fallos relativos a la gestión de las tecnologías que acompañaron a las estrategias de diversificación en forma de conglomerados industriales de muchas empresas estadounidenses durante los años sesenta y setenta.

biotecnologías, microelectrónica e informática de Estados Unidos estuvo enormemente influenciada por esas nuevas sociedades filiales creadas a partir de empresas ya consolidadas. Además, la elevada movilidad de la mano de obra en las aglomeraciones regionales de empresas de alta tecnología actuó como vía esencial para la difusión de tecnologías y como un imán para que otras empresas de industrias afines se ubicasen en esas zonas. Esa movilidad laboral también contribuyó a transferir conocimientos y competencias especializadas en muchas de esas incipientes industrias de alta tecnología¹³. La relevancia de las nuevas empresas en la comercialización de las innovaciones de posguerra en esos nuevos sectores también dependió de la extensión del régimen de financiación industrial basado en recursos propios a empresas mucho más pequeñas, que diferenció a la economía estadounidense de la alemana y la japonesa.

CONCLUSIÓN

Al igual que otros países industrializados, Estados Unidos pasó de ser una economía cuyos resultados se basaban en la explotación de los recursos naturales nacionales, incluidos los agrícolas, a una *economía basada en el conocimiento* en el siglo xx. Hicieron falta muchos años para lograr esta transición que, además, se caracterizó por la manifestación de algunos fenómenos denominados comúnmente «los sellos distintivos de la innovación» del siglo xxi. La *innovación abierta*, por ejemplo, a tenor de la cual las grandes empresas utilizan sus capacidades internas para explorar el horizonte tecnológico con el propósito de realizar adquisiciones potenciales de nuevas tecnologías, describe fielmente las estrategias de muchos de los grandes pioneros empresariales estadounidenses en cuanto a I+D interna durante los primeros años del siglo xx. Sus adquisiciones externas de tecnologías también dependían del funcionamiento de un mercado de la propiedad industrial e intelectual que estuvo ampliamente generalizado durante las primeras décadas del siglo xx, aunque

su importancia posterior fue sustituida por las actividades de desarrollo tecnológico interno de las grandes empresas.

En este breve estudio también se destaca la estrecha interrelación existente entre las influencias tecnológicas, políticas e institucionales en la evolución del sistema nacional de innovación de Estados Unidos. En el análisis se ponen de relieve las relaciones entre los procesos de innovación tecnológica y de adopción de las nuevas tecnologías, elemento fundamental del crecimiento económico de todas las economías industrializadas. Una gran parte de la influencia económica del gasto federal en I+D posterior a 1945, por ejemplo, procedía de los efectos de la política pública en el apoyo al desarrollo de nuevas tecnologías y el respaldo a su rápida adopción. Además, en campos como las tecnologías de la información, la adopción generalizada por los usuarios estadounidenses de innovaciones como los ordenadores de sobremesa y la interconexión informática creó una inmensa plataforma que promovió la innovación impulsada por los usuarios. Para este tipo de *tecnología multiusuario* en particular, la innovación y la adopción interactuaron efectivamente y se aceleraron entre sí. Las políticas públicas que se conciben para hacer frente a los futuros retos tecnológicos, como el cambio climático en el mundo o la salud pública, deberán tener en cuenta la importancia de la coherencia y del apoyo a la innovación tecnológica y a la adopción de nuevas tecnologías.

¹³ Al analizar el desarrollo de la tecnología del láser, Bromberg (1991) subraya la importancia de las relaciones en Estados Unidos entre las entidades financiadoras de la investigación y las que la llevaban a cabo durante los años cincuenta y sesenta que, a su vez, se basaban en la movilidad de los investigadores: «Los científicos académicos estaban relacionados con los científicos industriales por medio de las consultorías que los profesores universitarios efectuaban a empresas grandes y pequeñas, del patrocinio industrial de becas de investigación universitarias y del trabajo de graduados universitarios y de doctores en la industria. Se relacionaban a través de proyectos conjuntos, uno de cuyos principales ejemplos es el trabajo de Townes-Schawlow sobre máseres ópticos, y de años sabáticos tomados por los académicos para trabajar en la industria y por los científicos industriales para colaborar en las universidades. Los científicos académicos mantenían relaciones con los grupos de I+D del Ministerio de Defensa y con otras instituciones gubernamentales por medio de periodos de servicio en centros de investigación, como el Instituto de Análisis de la Defensa, de su trabajo en laboratorios financiados por ese Ministerio, como el Laboratorio de Radiación de Columbia o el Laboratorio de Investigación Electrónica del MIT, y de grupos de estudio gubernamentales y consultorías. También estaban comunicados entre sí, debido a que una gran parte de su investigación estaba financiada por el Ministerio de Defensa y por la NASA» [Bromberg, 1991: 224].

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMOVITZ, M. (1956), «Resource and Output Trends in the United States, since 1870», *American Economic Review* 46, pp. 5-23.
- ABRAMOVITZ, M., y P. A. DAVID (2000), «American Macroeconomic Growth in the Era of Knowledge-Based Progress», en S. L. Engerman y R. E. Gallman (eds.) (2000), *The Cambridge Economic History of the United States*, vol. III., Nueva York: Cambridge University Press.
- American Association for the Advancement of Science (2005), *Research and Development in the FY2006 Budget*. Washington, D.C.: American Association for the Advancement of Science.
- BOK, D. (1982), *Beyond the Ivory Tower*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- BRAUN, E., y S. MACDONALD (1978), *Revolution in Miniature*. Nueva York: Cambridge University Press.
- BROMBERG, L. (1991), *The Laser in America, 1950-1970*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- BUSH, V. (1945), *Science: The Endless Frontier*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- CHANDLER, A. D., Jr. (1977), *The Visible Hand*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- CHANDLER, A. D., Jr. (1990), *Scale and Scope*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- CHANDLER, A. D., Jr. (2001), *Inventing the Electronic Century*, Nueva York: Free Press.
- CHANDLER, A. D., Jr., y T. HIKINO (1997), «The large industrial enterprise and the dynamics of modern economic growth», en A. D. Chandler, Jr., F. Amatori y T. Hikino (eds.), *Big Business and the Wealth of Nations*, Cambridge: Cambridge University Press.
- CHESBROUGH, H. (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- CHESBROUGH, H. (2006), «Open Innovation: A New Paradigm for Understanding Industrial Innovation», en H. Chesbrough, W. Vanhaverbeke y J. West (eds.), *Open Innovation: Researching a New Paradigm*, Nueva York: Oxford University Press.
- COHEN, I. B. (1976), «Science and the Growth of the American Republic», *Review of Politics* 38, pp. 359-398.
- COHEN, W., R. FLORIDA y R. GOE (1994), «University-Industry Research Centers in the United States», informe técnico, Center for Economic Development, Universidad Carnegie-Mellon.
- COHEN, W., R. FLORIDA, L. RANDAZZESE y J. WALSH (1998), «Industry and the Academy: Uneasy Partners in the Cause of Technological Advance», en R. Noll (ed.), *Challenges to the Research University*, Washington, D.C: Institución Brookings.
- COWAN, R. (1990), «Nuclear Power Reactors: A Study in Technological Lock-In», *Journal of Economic History* 50, pp. 541-567.
- DAVID, P. A., y G. WRIGHT (1997), «Increasing Returns and the Genesis of American Resource Abundance», *Industrial and Corporate Change* 6, pp. 203-245.
- DAVIS, L. A., y R. J. CULL (2000), «International Capital Movements, Domestic Capital Markets, and American Economic Growth, 1820-1914», en S. L. Engerman y R. E. Gallman (eds.), *The Cambridge Economic History of the United States*, vol. II, Nueva York: Cambridge University Press.
- EDQUIST, C. (2004), «Systems of Innovation: Perspectives and Challenges», en J. Fagerberg, D. C. Mowery y R. R. Nelson (eds.), *Oxford Handbook of Innovation and Policy*, Oxford: Oxford University Press.
- FLIGSTEIN, N. (1990), *The Transformation of Corporate Control*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- FREEMAN, C. (1987), *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, Londres: Pinter.
- FREEMAN, C. (1995), «The "National System of Innovation" in Historical Perspective», *Cambridge Journal of Economics* 19, pp. 5-24.
- FURMAN, J., y M. MACGARVIE (2005), «Early Academic Science and the Birth of Industrial Research Laboratories in the U.S. Pharmaceutical Industry», National Bureau of Economic Research, documento de trabajo n.º 11470.
- GALAMBOS, L., y J. L. STURCHIO (1998), «Pharmaceutical firms and the transition to biotechnology: A study in strategic innovation», *Business History Review* 72, pp. 250-278.
- GALLMAN, R. E. (2000), «Economic Growth and Structural Change in the Long Nineteenth Century», en S. L. Engerman y R. E. Gallman (eds.), *The Cambridge Economic History of the United States*, vol. II, Nueva York: Cambridge University Press.
- GERSCHENKRON, A. (1962), *Economic Backwardness in Historical Perspective*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- GIBB, G. S., y E. H. KNOWLTON (1956), *The Resurgent Years: History of Standard Oil Company (New Jersey), 1911-1927*, Nueva York: Harper & Row.
- GOLDIN y KATZ, (2009), *The Race Between Education and Technology*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- GRAHAM, M. B. W. (1986), *RCA and the Videodisc: The Business of Research*, Nueva York: Cambridge University Press.
- GRAHAM, M. B. W., y H. G. PRUITT (1990), *R&D for Industry: A Century of Technical Innovation at Alcoa*, Nueva York: Cambridge University Press.
- HAINES, M. R. (2000), «The Population of the United States, 1790 – 1920», en S. L. Engerman y R. E. Gallman (eds.), *The Cambridge Economic History of the United States*, vol. II, Nueva York: Cambridge University Press.
- HOUNSHELL, D. A. (1995), «Du Pont and the Management of Large-Scale Research and Development», en P. Gallison y B. Hevly, *Big Science: The Growth of Large-Scale Research*, Stanford, CA: Stanford University Press.
- HOUNSHELL, D. A. (2000), «The Medium is the Message, or How Context Matters: The RAND Corporation Builds an Economics of Innovation, 1946-62», en T. P. Hughes y A. Hughes (eds.), *Systems, Experts, and Computers*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- HOUNSHELL, D. A., y J. K. SMITH (1998), *Science and Corporate Strategy: Du Pont R&D, 1902-1980*, Nueva York: Cambridge University Press.
- KLEPPER, S. (2009), «Silicon Valley-A Chip off the old Detroit Bloc», en Z. Acs, D. B. Audretsch y R. Strom (eds.), *Entrepreneurship, Growth, and Public Policy*, Nueva York: Cambridge University Press.
- LAMOREAUX, N. R., y K. L. SOKOLOFF (1999), «Inventors, Firms, and the Market for Technology in the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries», en N. R. Lamoreaux, D. M. G. Raff y P. Temin (eds.), *Learning by Doing in Markets, Firms, and Countries*. Chicago: University of Chicago Press.
- LAMOREAUX, N. R., y K. L. SOKOLOFF (2005), «The Decline of the Independent Inventor: A Schumpeterian Story», National Bureau of Economic Research, documento de trabajo n.º 11654.
- LANGLOIS, R. (2003), «The Vanishing Hand: The Changing Dynamics of Industrial Capitalism», *Industrial and Corporate Change* 12, pp. 351-385.
- LANGLOIS, R. N., y D. C. MOWERY (1996), «The federal government role in the development of the U.S. software industry», en D. C. Mowery (ed.), *The International Computer Software Industry: A Comparative Study of Industry Evolution and Structure*, Nueva York: Oxford University Press.
- LESLIE, S. W. (1993), *The Cold War and American Science*, Nueva York: Columbia University Press.
- LEVIN, Richard C. (1982), «The Semiconductor Industry», en R. R. Nelson (ed.), *Government and Technical Progress: A Cross-Industry Analysis*, Nueva York: Pergamon Press.
- LUNDVALL, B.-Å. (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Londres: Pinter.
- MADDISON, A. (1994), «Explaining the Economic Performance of Nations, 1820-1989», en W. J. Baumol, R. R. Nelson y E. N. Wolff (eds.), *Convergence of Productivity*, Nueva York: Oxford University Press.
- MARR, W. L., y D. G. PATERSON (1980), *Canada: An Economic History*, Toronto: Macmillan.
- MAZZOLENI, R. (1999), «Innovation in the Machine Tool Industry: A Historical Perspective on the Dynamics of Comparative Advantage», en D. C. Mowery y R. R. Nelson (eds.), *The Sources of Industrial Leadership*, Nueva York: Cambridge University Press.
- MCMILLAN, G. S., F. NARIN y D. S. DEEDS (2000), «An Analysis of the Critical Role of Public Science in Innovation: The Case of Biotechnology», *Research Policy* 29, pp. 1-8.
- MILLARD, A. (1990), *Edison and the Business of Invention*, Baltimore: Johns Hopkins University Press.

- MOWERY, D. C. (1983a), «Industrial Research, Firm Size, Growth, and Survival, 1921-1946», *Journal of Economic History* 43, pp. 953-980.
- MOWERY, D. C. (1983b), «The Relationship between the Contractual and In-House Forms of Industrial Research in American Manufacturing, 1900-1940», *Explorations in Economic History* 20, pp. 351-374.
- MOWERY, D. C. (1995), «The Boundaries of the U.S. Firm in R&D», en N. R. Lamoreaux y D. M. G. Raff (eds.), *Coordination and Information: Historical Perspectives on the Organization of Enterprise*, Chicago: University of Chicago Press para el NBER.
- MOWERY, D. C. (2005), «National Security and National Innovation Systems», presentado en el seminario PRIME/PREST sobre «Reevaluación del papel de la I+D en defensa y seguridad en el sistema de innovación», Universidad de Manchester, 19-21 de septiembre.
- MOWERY, D. C., R. R. NELSON, B. SAMPAT y A. ZIEDONIS (2004), *Ivory Tower and Industrial Innovation*, Stanford, CA: Stanford University Press.
- MOWERY, D. C., y N. ROSENBERG (1999), *Paths of Innovation*, Nueva York: Cambridge University Press.
- MOWERY, D. C., y B. N. SAMPAT (2004), «The Bayh-Dole Act of 1980 and University-Industry Technology Transfer: A Model for Other OECD Governments?», *Journal of Technology Transfer* 30, pp. 115-127.
- MOWERY, D. C., y T. SIMCOE (2002), «The History and Evolution of the Internet», en B. Steil, R. Nelson y D. Victor (eds.), *Technological Innovation and Economic Performance*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- MOWERY, D. C., y A. ZIEDONIS (2002), «Academic Patent Quality and Quantity Before and After the Bayh-Dole Act in the United States», *Research Policy* 31, pp. 399-418.
- MUELLER, W. F. (1962), «The Origins of the Basic Inventions Underlying Du Pont's Major Product and Process Innovations, 1920 to 1950», en *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1999), *Funding a Revolution: Government Support for Computing Research*, National Academies Press.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2004), *A Patent System for the 21st Century*, Washington, D.C.: National Academies Press.
- NATIONAL RESOURCES PLANNING BOARD (1942), *Research-A National Resource*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- NATIONAL SCIENCE BOARD (2006), *Science and Engineering Indicators: 2006*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, DIRECTORATE FOR SOCIAL, BEHAVIORAL, AND ECONOMIC SCIENCES (1995a), «1993 Spending Falls for U.S. Industrial R&D, Nonmanufacturing Share Increases», <http://www.nsf.gov/statistics/databrf/sdb95325.pdf>.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, SCIENCE RESOURCES DIVISION (1995b), «Research and Development in Industry: 1992», <http://www.nsf.gov/statistics/nsf96333/appa.pdf>.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, SCIENCE RESOURCES DIVISION (2005), *Academic Research and Development Expenditures: Fiscal Year 2003*, Washington, D.C.: National Science Foundation.
- NEAL, A. D., y D. G. GOYDER (1980), *The Antitrust Laws of the United States*, Cambridge: Cambridge University Press.
- NELSON, R. R., (ed.) (1993), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Nueva York: Oxford University Press.
- NELSON, R. R., y G. WRIGHT (1992), «The Rise and Fall of American Technological Leadership», *Journal of Economic Literature* 30(4) (diciembre), pp. 1931-1964.
- PATIT, J. M., S. P. RAJ y D. WILEMON (2006), «Integrating internal and external R&D: What can we learn from the history of industrial R&D?», presentado en las reuniones de la Academia de Administración, Atlanta, GA, 4-6 de agosto.
- PHARMACEUTICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION (2003), *Industry Profile 2003*, <http://www.phrma.org/publications/profile02>.
- RAVENS CRAFT, D., y F. M. SCHERER (1987), *Mergers, Sell-Offs, and Economic Efficiency*, Washington, D.C.: Institución Brookings.
- REICH, L. S. (1985), *The Making of American Industrial Research*, Nueva York: Cambridge University Press.
- ROSENBERG, N. (1998), «Technological Change in Chemicals: The Role of University-Industry Relations», en A. Arora, R. Landau y N. Rosenberg (eds.), *Chemicals and Long-Term Economic Growth*, Nueva York: John Wiley.
- SCHMOOKLER, J. (1957), «Inventors Past and Present», *Review of Economics and Statistics* 39, pp. 321-333.
- SCHUMPETER, J. A. (1943), *Capitalism, Socialism, and Democracy*, Nueva York: Harper & Row.
- SOLOW, R. M. (1957), «Technical Change and the Aggregate Production Function», *Review of Economics and Statistics* 39, pp. 312-320.
- STIGLER, G. J. (1968), «Monopoly and Oligopoly by Merger», en G. J. Stigler (ed.), *The Organization of Industry*, Homewood, IL: Irwin.
- STOWSKY, J. (1992), «From Spin-off to Spin-on: Redefining the Military's Role in American Technology Development», en W. Sandholtz, M. Borrus, J. Zysman, K. Conca, J. Stowsky, S. Vogel y S. Weber, *The Highest Stakes*, Nueva York: Oxford University Press.
- STURCHIO, J. L. (1988), «Experimenting with Research: Kenneth Mees, Eastman Kodak, and the Challenges of Diversification», en *The R&D Pioneers*, Hagley Museum and Library, 7 de octubre.
- SWANN, J. P. (1988), *Academic Scientists and the Pharmaceutical Industry*, Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- THACKRAY, A. (1982), «University-Industry Connections and Chemical Research: An Historical Perspective», en *University-Industry Research Relationships*, Washington, D.C.: National Science Board.
- THACKRAY, A., J. L. STURCHIO, P. T. CARROLL y R. BUD (1985), *Chemistry in America, 1876-1976: Historical Indicators*, Dordrecht: Reidel.
- THORELLI, H. B. (1954), *Federal Antitrust Policy*, Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- TROW, M. (1979), «Aspects of Diversity in American Higher Education», en H. Gans, *On the Making of Americans*, Filadelfia: University of Pennsylvania Press.
- TROW, M. (1991), «American Higher Education: "Exceptional" or Just Different?», en B. E. Shafer (ed.), *Is America Different? A New Look at American Exceptionalism*, Nueva York: Oxford University Press.
- U.S. OFFICE OF MANAGEMENT AND BUDGET (2005), *Budget of the U.S. Government, Fiscal Year 2006: Historical Tables*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- WILDES, K. L., y N. A. Lindgren (1985), *A Century of Electrical Engineering and Computer Science at MIT, 1882-1982*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- WRIGHT, G. (2007), «Historical Origins of the New American Economy», Universidad de Stanford.

BBVA

Mapa de la creatividad en la Unión Europea

El papel de la estructura del mercado laboral y de los sistemas académicos y de formación¹

Edward Lorenz

Université de Nice
Sophia-Antipolis

y Bengt-Aake Lundvall

Aalborg Universitet

INTRODUCCIÓN

La creatividad ha atraído la atención de los investigadores de numerosas disciplinas, incluidas la psicología conductual y la gestión de empresas. Dentro del ámbito de la psicología se ha hecho hincapié principalmente en la relación entre la creatividad y determinados atributos individuales, como la inteligencia, el conocimiento y la personalidad (Barron y Harrington, 1981; Helson, 1996; Sternberg, 1988; Sternberg y Lubart, 1991; Weisberg, 1993)². Sin embargo, en la bibliografía sobre gestión empresarial se ha prestado mayor atención a cómo emerge la creatividad de la interacción entre los empleados y los distintos aspectos del estilo gerencial y de la organización del trabajo. Woodman, Sawyer y Griffin (1993), por ejemplo, consideran la creatividad como el resultado de la interacción de una serie de variables individuales, grupales y de la organización. Asimismo, Amabile *et al.* (1996) se han centrado en ciertos factores sociales y de las organizaciones, y en particular sostienen que la creatividad en el trabajo se ve favorecida por el respaldo que proporcionan la organización y los supervisores, así como por las diversas ideas surgidas dentro del grupo de trabajo (Bharadwaj y Menon, 2000; Drazin, Glynn y Kazanjian, 1999; Ford, 1996).

Aunque existen algunos estudios sobre las bases culturales o sistémicas de la creatividad (Csikszentmihalyi, 1988; Lubart, 1999), hasta la publicación del libro de Richard Florida *The Rise of the Creative Class* (2002), los esfuerzos por analizar los fundamentos y el impacto de la creatividad a escala regional y nacional han sido relativamente escasos. Al postular la creatividad como la fuerza impulsora del crecimiento económico y considerar su auge como una consecuencia general de la transformación actual de la economía comparable a la hipótesis de la economía basada en el conocimiento, las investigaciones de Florida han hecho más que cualquier investigación especializada por situar a la creatividad en primera línea de debate en el ámbito de las ciencias sociales. Más aun, en diversos estudios empíricos en torno a la relación que existe entre las inversiones en capital humano, la creatividad y el desempeño económico regional, Florida y sus colaboradores opinan que la clase creativa proporciona un patrón nuevo y alternativo al nivel educativo para medir el capital humano en los estudios centrados en el desarrollo regional (Florida, Mellander y Stolarick, 2008; Mellander y Florida, 2006).

Inspirado en las investigaciones de Florida y en otras más especializadas acerca de la creatividad en el ámbito de la psicología conductual y

¹ Este capítulo se basa en el análisis realizado en un artículo que publicamos inicialmente en el *Cambridge Journal of Economics* en 2010.

² R. J. Sternberg (ed.) (1999), donde figura un resumen de la bibliografía existente al respecto.

la gestión de empresas, el presente estudio comenzará por mostrar el que, en nuestra opinión, constituye el primer mapa de la creatividad en el trabajo que engloba a los veintisiete Estados miembros de la Unión Europea. Igualmente, veremos que existen importantes diferencias entre países en relación con las posibilidades que tienen los empleados de participar en actividades de trabajo creativo, incluso una vez ajustadas las diferencias entre Estados en cuanto a estructura ocupacional e industrial.

Con respecto a las investigaciones recientes que amplían la perspectiva sobre los sistemas nacionales de innovación para incluir la organización del trabajo, las características del mercado laboral y los sistemas educativos (Hall y Soskice, 2001; Lam y Lundvall, 2006; Lorenz y Lundvall, 2006; Lundvall, 2002; Whitley, 2006), exploraremos a continuación, mediante correlaciones totales a escala nacional, la relación entre creatividad en el trabajo y características de los mercados laborales y de los sistemas nacionales de educación y formación. Entre los principales hallazgos que se recogen en este documento tenemos que el nivel de actividad de trabajo creativo tiende a ser más elevado en aquellos países cuyos sistemas de educación y formación están basados en una amplia competencia y valoran la igualdad de acceso a oportunidades de aprendizaje a lo largo de toda la vida y la adquisición permanente de destrezas relacionadas con el trabajo. El grado de creatividad tiende también a ser mayor en aquellos Estados que se caracterizan por combinar altos niveles de movilidad en el mercado laboral con sistemas bien desarrollados de protección contra el desempleo (flexiseguridad) y con políticas activas dirigidas al mercado laboral.

El capítulo está estructurado del modo siguiente: la segunda sección presenta un mapa de la importancia de los trabajadores creativos para la UE-27. La tercera sección pone de manifiesto las significativas diferencias que existen en cuanto a frecuencia de actividad laboral creativa entre países una vez ajustadas las diferencias en

cuanto a ocupación y estructura industrial. En la cuarta sección examinaremos la relación entre la creatividad y las mediciones obtenidas sobre las estructuras nacionales del mercado laboral y los sistemas de educación y formación. Por último, en la Conclusión extraeremos algunas conclusiones y aludiremos brevemente a sus implicaciones para la política de la Unión Europea.

MEDICIÓN DE LA MANO DE OBRA CREATIVA

Un aspecto importante en la bibliografía de la psicología conductual relacionada con la creatividad es la *eminencia* o el ser *único en el mundo*, y existen diversos estudios empíricos sobre creatividad dedicados a examinar la vida de músicos, artistas o científicos verdaderamente excepcionales. Sin embargo, en contraposición a este hincapié en la eminencia, existen otros estudios en torno a esa creatividad *cotidiana* o *local* que manifiesta un elevado porcentaje de la población trabajadora en su actividad laboral diaria (Reilly, 2008; Craft, 2005; Richards, 1996).

La noción de clase creativa que propone Florida se corresponde con esta última forma de creatividad más extendida. En Florida (2002), afirma que el rasgo distintivo de la clase creativa es que sus miembros «participan en un trabajo cuya función consiste en crear nuevas formas significativas» (p. 68). El nivel más alto de trabajo creativo, característico de lo que Florida considera como el *núcleo supercreativo*, consiste en «producir nuevas formas o diseños fácilmente transferibles y de gran utilidad (...)» (p. 69). Aquí se incluyen profesiones como las de científico, profesor universitario, poeta o arquitecto. Más allá de este núcleo, Florida incluye en la clase creativa a un grupo dispar de profesionales que «participan en la resolución creativa de problemas basándose en conjuntos complejos de conocimientos para resolver problemas específicos». Añade: «Lo que se les pide (a los profesionales creativos) habitualmente es pensar por sí mismos» (p. 69). Asimismo, señala que muchos técnicos pertenecen a la clase creativa, puesto que «aplican complejos bagajes de conocimientos

al trabajo con materiales físicos» y, en ciertos campos, «están asumiendo una responsabilidad creciente en la interpretación de su trabajo y en la toma de decisiones (...)» (pp. 69-70).

Como muestran las citas mencionadas, el concepto que tiene Florida de clase creativa es de carácter económico y se basa en el tipo de actividades laborales o trabajos que suelen realizar las distintas clases de profesiones. De acuerdo con esto, y con el fin de medir la extensión de la clase creativa y su crecimiento a lo largo del tiempo en la economía estadounidense, se basa en las clasificaciones ocupacionales y en las cifras recopiladas por el US Bureau of Labor Statistics (Oficina de Estadística del Trabajo de los Estados Unidos). A partir de descripciones estandarizadas de las destrezas que se requieren para distintos trabajos, se agrupa a las ocupaciones en las clases creativa, de servicios o trabajadora. La definición de clase creativa incluye a la mayoría de las ocupaciones gerenciales, de profesionales y de categorías seleccionadas de técnicos y profesionales auxiliares³. Florida (2002: 75, 330) calcula que la clase creativa ha pasado a ser de tres millones de trabajadores o un 10% de la mano de obra en 1900 a 38,3 millones o un 30% en 1999. En este año, se calculaba que las clases trabajadora y de servicios constituían el 26,1% y el 43,4% de la mano de obra respectivamente, mientras que la agricultura suponía el 0,5% restante.

Esta manera de medir la cantidad de mano de obra creativa, aunque resulte adecuada para percibir cambios generales en cuanto a la importancia de la creatividad dentro de una economía a lo largo del tiempo, posee una serie de limitaciones que hacen que sea inadecuada para efectuar análisis comparativos internacionales. En primer lugar, tal como argumenta Florida a propósito de la fábrica creativa (Florida, 2002: 52), la creatividad puede extenderse desde la dirección y los servicios técnicos de la firma hasta el taller, y las empresas más creativas tratan por lo general de poner en juego los conocimientos y las destrezas de todos sus empleados.

La generalización de que el trabajo de operarios, comerciales, personal de servicios y de artes mecánicas no es creativo contrasta con una amplia bibliografía sobre *organizaciones que aprenden* y que hace hincapié en el carácter colectivo y multinivel del aprendizaje y de la creatividad en el lugar de trabajo.

En segundo lugar, existe una bibliografía comparativa, bien consolidada internacionalmente, que ha detectado importantes efectos nacionales en cuanto a la organización del trabajo. En particular, ciertas comparaciones internacionales pormenorizadas revelan que puestos de trabajo y actividades laborales encuadradas dentro de una misma categoría ocupacional pueden presentar importantes variaciones entre países y requerir más o menos actividades de aprendizaje y de resolución de problemas, así como reflejar diferencias en cuanto a responsabilidad y autonomía (Dore, 1973; Gallie, 1978; Lane, 1989; Lorenz y Valeyre, 2005; Maurice *et al.*, 1982). Los hallazgos de estas comparaciones internacionales detalladas entre tipos de organización empresarial se corresponden con los trabajos sobre sistemas nacionales de innovación que relacionan la microdinámica del aprendizaje y de la creación de conocimientos con las diferencias en los mercados laborales y en los sistemas educativos y formativos de cada país.

En tercer lugar, los estudios sobre sistemas sectoriales de innovación (Malerba, 2002) muestran importantes diferencias con respecto al dinamismo tecnológico de distintos sectores de la economía, por lo que es previsible que el trabajo dentro de una misma categoría ocupacional presente marcadas diferencias en cuanto a actividades de resolución de problemas y creatividad en función del sector. Esto conlleva la necesidad de tener en cuenta las diferentes estructuras industriales de los países para cualquier análisis estadístico de los determinantes de la creatividad en el lugar de trabajo.

Al objeto de medir la mano de obra creativa adecuada para un análisis comparativo de la UE-27, partiremos de los resultados de la

³ La medición que hace Florida de la clase creativa se basa en el sistema de la Clasificación Uniforme de Ocupaciones (CIUO) de 1998, que, al igual que la Clasificación Internacional Uniforme de Ocupaciones (CIUO), agrupa los trabajos por ocupaciones y otros grupos más amplios, principalmente según la semejanza de las destrezas que se requieren para cumplir las tareas y obligaciones de cada puesto. En la obra de Florida (2002, pp. 328-329) figura la lista de categorías ocupacionales que se incluyen en la clase creativa. Según los términos de la CIUO que utiliza la Unión Europea, la clase creativa de Florida estaría compuesta por ocupaciones gerenciales (CIUO 12-13), profesionales (CIUO 21-24) y algunas de las ocupaciones clasificadas en el apartado de técnicos y profesionales asociados (CIUO 31-34). La clase de servicios estaría formada por oficinistas y empleados en trato directo con el público (CIUO 41-42), trabajadores de servicios (CIUO 51-52) y ocupaciones elementales de ventas y servicios (CIUO 91). Por su parte, en la clase trabajadora se encontrarían los trabajadores del sector de la artesanía y de otros oficios (CIUO 71-74), los operadores de instalaciones y máquinas (CIUO 81-83) y los peones de la minería, la construcción, la industria manufacturera y el transporte (CIUO 93).

4.^a Encuesta Europea sobre Condiciones de Trabajo (EECT/EWCS) que elaboró en 2005 la Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo (Eurofound). Este cuestionario se remitió a cerca de mil personas activas en cada país, con la excepción de Chipre, Estonia, Luxemburgo, Malta y Eslovenia, donde respondieron aproximadamente seiscientos encuestados. La población total de la encuesta fue de 29.679 personas en activo⁴. El análisis que aquí presentamos se circunscribe a los 9.198 asalariados que trabajaban en centros con al menos diez empleados de los sectores industrial y de servicios, pero quedaron excluidos agricultura y pesca, administraciones públicas y seguridad social, educación, sanidad y trabajo social, así como los empleados domésticos particulares. Con el fin de obtener una medición de la mano de obra creativa coherente con la caracterización que hace Florida (2002) de la clase creativa, utilizamos el análisis factorial para detectar las asociaciones subyacentes que existían entre seis variables binarias que captan los aspectos clave de la actividad laboral creativa (véase el cuadro 1)⁵. A continuación, utilizaremos el análisis jerárquico para agrupar a la población en tres grandes tipos de trabajadores: trabajadores creativos, resolvedores de problemas limitados y trabajadores con empleos tayloristas⁶.

El cuadro 1 muestra los porcentajes de la población a los que se aplican las seis variables de actividad laboral utilizadas para clasificar a los trabajadores como creativos. Así pues, como observa Florida, los trabajadores creativos suelen participar en actividades complejas de resolución de problemas. Es más: los trabajadores que utilizan sus propias ideas en entornos en los que poseen una autonomía considerable en cuanto a sus métodos de trabajo o al orden de sus tareas responden al rasgo creativo característico de poder «pensar por sí mismos» y de asumir «una responsabilidad creciente sobre la interpretación de su trabajo y la toma de decisiones». No obstante, estas seis variables de actividad laboral no permiten discriminar entre mano de obra

creativa en general y aquel *núcleo supercreativo* que definía Florida en términos de producción de nuevas formas o diseños transferibles y de uso extendido.

En el cuadro 2 se muestra la composición de los tres grupos resultantes del análisis de agrupamiento jerárquico. El primero, al que pertenece el 51% de la población, destaca por su alto grado de resolución de problemas, aprendizaje y complejidad de las tareas. Las personas incluidas en este grupo ponen en juego sus propias ideas y poseen una autonomía considerable en el desempeño de su trabajo. Así pues, los hemos denominado *trabajadores creativos*. El segundo grupo se caracteriza por poseer casi el mismo grado de resolución de problemas y aprendizaje, y niveles similares de complejidad en las tareas. Sin embargo, aplican poco sus propias ideas, y su autonomía o libertad en el trabajo son escasas. Este grupo engloba a aquellos empleados que, aunque habitualmente resuelvan problemas técnicos o de otra índole en el trabajo, lo hacen en entornos sometidos a una fuerte supervisión, que ofrecen poco margen para desarrollar soluciones originales o creativas basadas en sus propias ideas. Hemos denominado a este colectivo *resolvedores de problemas limitados*. Por último, el tercer grupo se compone principalmente de personas que realizan trabajos poco cualificados. Su grado de aprendizaje, de resolución de problemas y de complejidad en las tareas es reducido. Hacen poco uso de sus propias ideas y gozan de escasa autonomía a la hora de realizar su trabajo. A este grupo lo hemos clasificado como *trabajadores taylorizados*.

El cuadro 3 refleja las variaciones que existen en la importancia de los trabajadores creativos que aprenden en función del sector al que pertenecen. En particular, estos gozan de una mayor representación en las áreas empresarial y de servicios comunitarios, sociales y personales, mientras que están infrarrepresentados en las áreas de industria, construcción, comercio minorista y otros servicios.

⁴ La muestra de la EECT es representativa de las personas empleadas (por cuenta ajena y propia). El diseño del muestreo se desarrolló del modo siguiente: estratificación de unidades primarias de muestreo (UPM) por regiones y grado de urbanización, selección aleatoria de las direcciones iniciales dentro de cada UPM y *paseo aleatorio* para seleccionar la vivienda. El índice de respuestas fue de 0,48 y se calculó como la proporción de las entrevistas terminadas frente al número total de casos idóneos. Se aplicaron tres tipos de ponderación a los datos para mejorar la representatividad de los resultados: una ponderación de la probabilidad de selección, una ponderación de no respuesta (o postestratificación) y una ponderación entre países para poder realizar cálculos transnacionales. Con respecto al informe de calidad de la 4.^a EECT (véase Petrakos Agilis, 2007).

⁵ En el cuadro A1 del Anexo figura el texto exacto de las preguntas en las que se basan estas mediciones.

⁶ El método factorial utilizado es el análisis de correspondencias múltiples. Para agrupar a los individuos se utilizó el método de agrupamiento jerárquico de Ward sobre las puntuaciones factoriales (o las coordenadas de las observaciones) de los dos primeros factores que explicaban el 59% de la varianza total del conjunto de datos. En el Anexo figura una representación gráfica del análisis factorial.

Cuadro 1. Variables del trabajo creativo

	Porcentaje de personas empleadas afectadas
Actividades de resolución de problemas en el trabajo	79
Aprendizaje de cosas nuevas en el trabajo	68
Realización de tareas complejas	62
Aplicación de ideas propias al trabajo	50
Posibilidad de elegir o de modificar los métodos de trabajo propios	60
Posibilidad de elegir o de modificar el orden de las tareas	56
N	9.240

Fuente: Fourth Working Conditions Survey, 2005. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions.

Cuadro 2. Análisis de agrupamiento de los tipos de trabajadores

Variable	Porcentaje de personas en activo por tipo de trabajador al que se aplica cada variable			
	Trabajadores creativos	Resolvedores de problemas limitados	Trabajadores taylorizados	Promedio
Actividades de resolución de problemas en el trabajo	96	87	37	79
Aprendizaje de cosas nuevas en el trabajo	87	84	16	68
Realización de tareas complejas	80	81	8	62
Aplicación de ideas propias al trabajo	77	24	19	50
Posibilidad de elegir o de modificar los métodos de trabajo propios	94	21	29	60
Posibilidad de elegir o de modificar el orden de las tareas	92	14	25	56
Porcentaje total de personas en activo	51	24	25	100

Fuente: Fourth Working Conditions Survey, 2005. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions.

Cuadro 3. Tipo de trabajador por sector de actividad

	Porcentaje de personas empleadas por sector de actividad y tipo de trabajador que aprende			
	Trabajadores creativos	Resolvedores de problemas limitados	Trabajado-res taylorizados	Total
Fabricación, construcción y servicios públicos	46	27	27	100
Comercio minorista y otros servicios	49	23	29	100
Servicios empresariales y financieros	67	19	13	100
Servicios comunitarios, sociales y personales	59	18	22	100
Promedio	51	24	25	100

Fuente: Fourth Working Conditions Survey. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions.

Cuadro 4. Tipo de trabajador por categoría ocupacional

	Porcentaje de personas en activo por categoría ocupacional y tipo de trabajador			
	Trabajadores creativos	Resolvedores de problemas limitados	Trabajadores taylorizados	Total
Altos directivos	82	10	7	100
Profesionales y técnicos	74	18	8	100
Administrativos y trabajadores de servicios	53	23	24	100
Trabajadores y operarios cualificados	38	30	32	100
Trabajadores no cualificados	33	24	43	100
Promedio	51	24	25	100

Fuente: Fourth Working Conditions Survey. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions.

Cuadro 5. Diferencias nacionales en cuanto a tipos de trabajadores que aprenden: UE-27 (porcentaje de trabajadores en activo por país y tipo de trabajador)

	Trabajadores creativos	Resolvedores de problemas limitados	Trabajadores taylorizados	Total
Bélgica	60	21	19	100
República Checa	40	30	30	100
Dinamarca	70	15	14	100
Alemania	52	23	26	100
Estonia	58	22	20	100
Grecia	39	33	28	100
España	35	30	36	100
Francia	63	18	19	100
Irlanda	58	18	24	100
Italia	37	29	34	100
Chipre	42	26	32	100
Letonia	53	19	27	100
Lituania	35	27	38	100
Luxemburgo	60	20	20	100
Hungría	44	31	25	100
Malta	70	14	16	100
Países Bajos	67	16	16	100
Austria	50	28	23	100
Polonia	43	34	23	100
Portugal	46	24	29	100
Eslovenia	50	25	25	100
Eslovaquia	33	32	35	100
Finlandia	66	21	13	100
Suecia	82	10	8	100
Reino Unido	51	22	27	100
Bulgaria	39	30	31	100
Rumanía	35	38	27	100
UE-27	51	24	25	100

Fuente: Fourth Working Conditions Survey, 2005. European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions.

El cuadro 4 revela la considerable diversidad que existe en cuanto a la importancia del trabajo creativo entre categorías ocupacionales amplias. Aunque la gran mayoría de los altos directivos, profesionales y técnicos que componen el grueso de la clase creativa según el estudio de Florida goza de una gran representación en el grupo de trabajadores creativos, alrededor de la mitad de los empleos encuadrados en la categoría administrativa, comercial y de servicios —que según Florida componen el grupo de trabajadores de servicios— participan en una actividad laboral creativa. Más aun, una minoría significativa de los trabajos manuales que se incluyen en la clase trabajadora según Florida ejerce un trabajo que requiere aprendizaje creativo, resolución de problemas y uso de ideas propias. Los resultados del cuadro 4 ponen de manifiesto, al menos en la Unión Europea, las limitaciones que tiene el uso de categorías ocupacionales estándar como base para identificar al grupo de trabajadores que son creativos en su trabajo. Existen proporciones significativas de trabajadores de servicios y manuales que pueden desarrollar su labor en entornos que les permiten hacer un uso creativo de sus propias ideas.

EFECTOS NACIONALES

El cuadro 5 muestra importantes diferencias en cuanto a volumen de mano de obra creativa a través de toda la UE-27. Los países donde están más presentes estos trabajadores son los escandinavos con Finlandia, los Países Bajos y Malta, y aquellos en que su presencia es menor son España, Grecia, Italia, Chipre, la República Checa, Hungría, Lituania, Polonia, Eslovaquia, Bulgaria y Rumanía. Existen niveles intermedios de actividad creativa en los países europeos continentales, Reino Unido, Irlanda, Portugal y en los nuevos Estados miembros de Estonia, Letonia y Eslovenia. La frecuencia de trabajadores taylorizados tiende a ser inversa a la tendencia de los trabajadores creativos, con los índices más bajos en los países escandinavos, los Países Bajos y Malta, y los más altos en los países

del sur, Chipre, la República Checa, Hungría, Lituania, Eslovaquia y Bulgaria. La frecuencia de resolutores limitados de problemas es relativamente elevada en Grecia y en los nuevos Estados miembros, a excepción de Letonia y Eslovenia y, en menor grado, de Lituania.

El cuadro 3 revela que la frecuencia de actividad laboral creativa varía entre sectores de actividad entendidos en sentido amplio, y algunas de las diferencias nacionales relacionadas con la importancia de la creatividad que aparecen en el cuadro 5 se pueden atribuir a las diferencias entre países en cuanto a estructura industrial. También es posible que las diferencias internacionales en la estructura ocupacional expliquen algunas de las que se observan en la frecuencia de trabajo creativo entre los países miembros de la Unión Europea. Para controlar los efectos de estas variables estructurales, hemos llevado a cabo un análisis de regresión logística con el fin de explicar la probabilidad de que un empleado realice un trabajo creativo dentro de un país, un sector industrial y una ocupación determinada. Los resultados se exponen en el cuadro 6.

Los datos que refleja la primera columna del cuadro 6 muestran los efectos nacionales sobre la probabilidad de realizar un trabajo creativo sin controles estructurales, y la segunda columna contiene los resultados aplicando dichos controles. Alemania, cuyo perfil de tipos de trabajadores que aprenden se aproxima a la media de la UE-27, sirve como referencia. Así pues, los resultados muestran si la actividad laboral creativa es significativamente más o menos probable en cada país con respecto al caso alemán.

Los resultados de la primera columna (sin controles estructurales) indican que el trabajo creativo es significativamente más probable en los países nórdicos, los Países Bajos, Malta y Francia. En términos de cocientes de posibilidades (*odds ratios*), un empleado que trabaje en Suecia tendrá 4,4 veces más probabilidades que uno alemán de participar en una actividad laboral

Cuadro 6. Cálculo del logit de los efectos nacionales sobre la actividad laboral creativa

	Logit sin controles estructurales	Logit con controles estructurales
Bélgica	0,33	0,43*
República Checa	-0,45**	-0,17
Dinamarca	0,81**	0,89**
Alemania	Referencia	
Estonia	0,26	0,45*
Grecia	-0,52**	-0,47*
España	-0,70**	-0,48*
Francia	0,48**	0,51**
Irlanda	0,24	0,06
Italia	-0,60**	-0,47*
Chipre	-0,40*	-0,31
Letonia	0,07	0,24
Lituania	-0,67**	-0,36*
Luxemburgo	0,34	0,21
Hungría	-0,29	-0,08
Malta	0,81**	1,04**
Países Bajos	0,66**	0,60**
Austria	-0,08	0,06
Polonia	-0,33*	-0,03
Portugal	-0,21	0,27
Eslovenia	-0,06	0,10
Eslovaquia	-0,77**	-0,61**
Finlandia	0,62**	0,68**
Suecia	1,47**	1,64**
Reino Unido	-0,01	-0,20
Bulgaria	-0,54**	-0,41*
Rumanía	-0,69**	-0,32
Fabricación, construcción y servicios públicos	Referencia	
Comercio minorista y otros servicios		-0,16
Servicios empresariales y financieros		0,09
Servicios comunitarios, sociales y personales		0,36*
Altos directivos		2,29**
Profesionales y técnicos		1,62**
Administrativos y trabajadores de servicios		0,68**
Sectores artesanales y similares	Referencia	
Operarios y ensambladores		-0,20

* significativo al 5%;
 ** significativo al 1%.

creativa. La probabilidad de desarrollar un trabajo creativo no difiere significativamente en las naciones continentales a excepción de Francia, y esta probabilidad es significativamente menor en los países del sur, a excepción de Portugal, donde la diferencia no resulta significativa. La actividad laboral creativa es menos probable en varios de los nuevos Estados miembros, como Lituania, Polonia, Eslovaquia, la República Checa, Bulgaria y Rumanía. Expresada en cocientes de posibilidades, la probabilidad de desarrollar un trabajo creativo en Eslovaquia es solo de 0,46 en comparación con Alemania.

Los resultados de la segunda columna muestran los efectos nacionales después de tener en cuenta los de las diferencias transnacionales en cuanto a estructura de los sectores, categorías ocupacionales y dimensiones del centro de trabajo. La mayoría de los efectos nacionales que figuran en la primera columna se mantienen iguales en cuanto a dirección del signo y significatividad estadística. Excepciones son Bélgica y Estonia, en las que los coeficientes positivos son ahora significativos al 5%, y Chipre, Polonia y Rumanía, donde los coeficientes negativos dejan de ser significativos con niveles del 5% o mejores. Si examinamos las variables de control, veremos que el trabajo creativo es más probable en los servicios comunitarios sociales y personales que en las áreas de fabricación y minería, mientras que en el caso de los servicios empresariales y financieros, los minoristas y otros servicios no se aprecian diferencias significativas. Según lo previsto, la actividad laboral creativa es más probable entre altos directivos y profesionales que entre obreros cualificados y operadores de máquinas, y también más probable entre administrativos y trabajadores comerciales que en obreros cualificados y operadores de máquinas. En términos de cocientes de posibilidades, los altos directivos tienen casi seis veces más posibilidades de participar en actividades laborales creativas, mientras que los profesionales y los técnicos tienen cuatro veces más probabilidades. Los

vendedores y administrativos presentan cerca del doble de posibilidades que los obreros cualificados y que los operarios de intervenir en actividades laborales creativas.

CREATIVIDAD, ESTRUCTURA DEL MERCADO LABORAL Y SISTEMAS DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN

El análisis que hemos realizado indica que existen diferencias significativas en cuanto a la importancia de la actividad laboral creativa entre los países miembros de la Unión Europea. En la bibliografía existente se ha prestado relativamente escasa atención a cómo incide la estructura institucional a escala nacional sobre la creatividad en el lugar de trabajo. Aunque la creatividad en el trabajo puede verse influida por muy diversos aspectos institucionales, en este análisis exploratorio nos centraremos en una serie de aspectos institucionales complementarios que han sido objeto de estudio en trabajos recientes sobre sistemas de innovación nacional: el papel de los sistemas educativo y de formación basados en una amplia competencia y el de los sistemas de mercado laboral caracterizados por la combinación de altos niveles de movilidad y de sistemas bien desarrollados de protección contra el desempleo (Hall y Soskice, 2001; Lam y Lundvall, 2006; Lorenz y Lundvall, 2006).

Estructura del mercado laboral nacional

Hall y Soskice (2001) han argumentado que los mercados laborales fluidos caracterizados por escasas restricciones a la hora de contratar y despedir pueden influir positivamente en el rendimiento innovador porque permiten a las empresas incorporar rápidamente novedades del exterior y reconfigurar sus bases de conocimientos. Los nuevos conocimientos pueden favorecer la obtención de resultados creativos, como la creación de nuevos productos o servicios, ya que sientan las bases para explorar nuevas soluciones y para un aprendizaje que trasciende las áreas de conocimiento existentes en la empresa. Para explorar esta hipótesis, desarrollamos un sistema de medición de la movilidad

del mercado laboral (LABMOB) basado en los datos de la Encuesta de Población Activa (EPA) acerca del porcentaje de personas por países que han empezado a trabajar en los tres últimos meses. LABMOB se define como el promedio de este porcentaje a lo largo de tres trimestres: el segundo de 2005 y los dos primeros de 2006⁷.

Aunque, como señalan Lam y Lundvall (2006), un mercado laboral fluido puede contribuir a una rápida reconfiguración de la base de conocimientos de la empresa, la movilidad del mercado laboral constituye un arma de doble filo para las empresas creativas. La capacidad de las más creativas surge de los distintos conocimientos y destrezas que poseen determinados expertos para resolver problemas prácticos. El conocimiento profesional formal tal vez desempeñe solo un papel limitado, y las destrezas de resolución de problemas del experto guardan más relación con la experiencia y con el conocimiento implícito que se genera mediante la interacción, las series de ensayos y errores y la experimentación. Dado que estas destrezas implícitas no se pueden codificar fácilmente, las empresas creativas se enfrentan con el problema de reproducir lo aprendido en una memoria de la organización, y son enormemente vulnerables cuando ciertas personas abandonan la entidad.

Estos problemas de acumulación y transmisión de conocimientos implícitos basados en la experiencia adoptan una forma diferente cuando las empresas se organizan en redes localizadas y conglomerados industriales. La movilidad entre fronteras organizativas en los conglomerados industriales favorece las relaciones profesionales y sociales que proporcionan el *capital social* y las *señales de información* que se necesitan para garantizar una acumulación y transmisión eficiente de conocimientos implícitos en un marco de carreras interempresarial (Saxenian, 1996). Cabría decir que es más probable que estas redes profesionales y sociales surjan en entornos institucionales en los que una elevada movilidad del mercado laboral se complementa con sistemas bien desarrollados de protección

“Es más probable que la movilidad del mercado laboral mejore las destrezas en países que cuenten con sistemas bien desarrollados de protección contra el desempleo, combinados con políticas activas hacia el mercado laboral”

frente al desempleo y con políticas activas dirigidas al mercado laboral con el fin de incrementar el acceso de los parados al empleo. La protección frente al desempleo puede animar a las personas a emprender lo que de otro modo podría considerarse una trayectoria de carrera arriesgada hasta un punto inadmisibles, marcada por transiciones entre periodos de empleo y desempleo o bien de empleo a tiempo parcial. Es más: la protección contra el desempleo, combinada con políticas activas hacia el mercado laboral, puede contribuir a garantizar que los periodos prolongados de desempleo no induzcan a las personas a aceptar ofertas de trabajo de menor nivel o en las que no se aprovechen e incrementen su experiencia y sus conocimientos adquiridos en empleos anteriores.

Por estos motivos, podemos decir que es más probable que la movilidad del mercado laboral mejore las destrezas en países que cuenten con sistemas bien desarrollados de protección contra el desempleo, combinados con políticas activas hacia el mercado laboral. Para evaluar el desarrollo de estos sistemas de flexiseguridad (FLXSCR), utilizamos un indicador sencillo consistente en multiplicar LABMOB (la medición de

⁷ Datos extraídos de *Statistics in Focus*, «Population and Social Conditions», 6/2006, Eurostat.

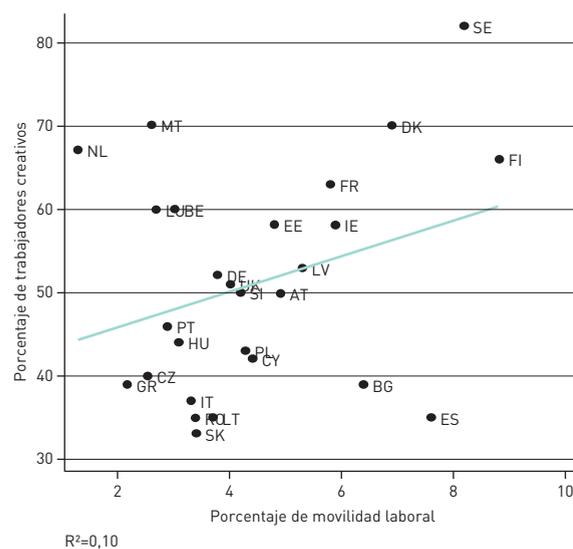
⁸ Las cifras de inversiones en el mercado laboral proceden de la base de datos sobre política del mercado laboral de Eurostat. Las inversiones totales se definen como la suma de las inversiones activas y pasivas dirigidas a uno de los colectivos siguientes: desempleados, empleados en riesgo de desempleo y personas inactivas con algún tipo de desventaja que desean entrar en el mercado laboral. Las medidas activas incluyen inversiones en formación, rotación laboral y trabajo compartido, incentivos para el empleo, creación directa de puestos de trabajo e incentivos para las nuevas empresas. Las medidas pasivas engloban las inversiones en el mantenimiento de los ingresos en caso de desempleo y las jubilaciones anticipadas.

⁹ Somos plenamente conscientes de que las correlaciones simples son un instrumento primitivo a la hora de determinar causas. En el artículo publicado en el *Cambridge Journal of Economics* (Lorenz y Lundvall, 2010) se llevó a cabo un análisis más complejo basado en técnicas de regresión multinivel. Los resultados allí obtenidos coincidieron con los que presentamos a continuación.

la movilidad del mercado laboral) por LMP (las inversiones totales en políticas activas y pasivas dirigidas al mercado laboral en forma de porcentaje del PIB)⁸.

Los gráficos 1 y 2 muestran las correlaciones acumuladas a escala nacional con la relación entre la frecuencia de actividad laboral creativa y las mediciones de movilidad y flexiseguridad del mercado laboral⁹. Los resultados respaldan la idea de que es más probable que la movilidad del mercado laboral fomente el perfeccionamiento de las destrezas y la creatividad en el lugar de trabajo al combinarla con sistemas bien desarrollados de protección contra el desempleo y con políticas activas hacia el mercado laboral. El gráfico 1 revela una relación positiva débil y no significativa estadísticamente entre la frecuencia de trabajo creativo y la medición de la movilidad del mercado laboral nacional, mientras que el gráfico 2 presenta una relación positiva más fuerte y estadísticamente significativa entre la frecuencia de trabajo creativo y la medición de la seguridad flexible. Dinamarca y, en menor grado, Suecia y Finlandia, destacan por sus niveles relativamente elevados de seguridad flexible.

Gráfico 1. Porcentaje de trabajadores creativos por porcentaje de movilidad laboral

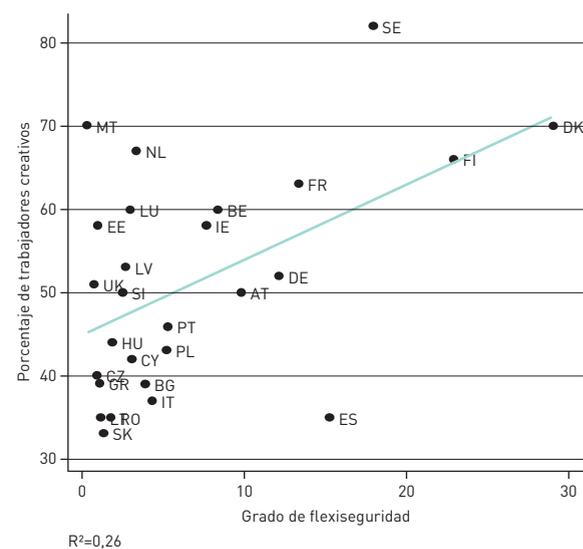


Sistemas nacionales de educación y formación

Lam y Lundvall (2006) proponen clasificar los sistemas nacionales de educación y formación con arreglo a su grado de promoción de una distribución uniforme de la competencia entre categorías ocupacionales, en lugar de generar grandes disparidades en cuanto a niveles de cualificación y oportunidades de aprendizaje. Los sistemas basados en una amplia competencia se caracterizan por su interés en equilibrar las inversiones en educación académica formal y la creación de titulaciones de tercer nivel con inversiones en formación vocacional permanente y con la creación de oportunidades para abrir a todos la posibilidad de ampliar su formación. Estos sistemas favorecen más la descentralización de la organización del trabajo, las distintas formas de aprendizaje interactivo y la transmisión y la movilización de conocimientos implícitos que puedan contribuir a la creatividad en el lugar de trabajo.

Con el fin de medir las características de los sistemas nacionales de educación y formación, hemos utilizado los datos acumulados en la base de datos electrónica de Eurostat. Para ello utilizamos dos formas de medir las inversiones de

Gráfico 2. Porcentaje de trabajadores creativos por grado de flexiseguridad



¹⁰ Estas cifras figuran en la base de datos electrónica de Eurostat. El módulo de aprendizaje permanente de la EPA distingue entre aprendizaje formal, no formal e informal o autoaprendizaje. El aprendizaje formal permanente se define como el que proporcionan las instituciones del sistema educativo formal que otorgan titulaciones. La educación y la formación no formales hacen referencia a todas las modalidades de enseñanza, incluida la que proporcionan las empresas, que se imparten al margen del sistema educativo que concede titulaciones formales. Por su parte, el aprendizaje informal consiste en el que adquiere uno mismo, e incluye el uso de materiales impresos y de sistemas de aprendizaje en línea a través del ordenador. El informe de Eurostat sobre la calidad del módulo de aprendizaje permanente de la EPA puede consultarse en: http://circa.europa.eu/irc/dsis/employment/info/data/eu_lfs/LFS_MAIN/Adhoc_modules/2003/ExplanatoryNotes/Final_Report_Ahm2003_EN.pdf

una nación en destrezas y conocimientos académicos formales: el porcentaje de la población que posee estudios de tercer grado (THRDED) y el número de titulados en ciencias e ingenierías como porcentaje de la cohorte de 20 a 29 años en 2005 (S&EGRD). Al objeto de captar en toda su extensión el sistema educativo y de formación y de averiguar hasta qué punto se valora el desarrollo de destrezas prácticas relacionadas con el trabajo, utilizamos los resultados del módulo sobre aprendizaje permanente de la EPA de 2003¹⁰. Como indicador del nivel general de desarrollo de oportunidades posteriores de recibir educación y formación, hemos empleado las cifras sobre la proporción de la población activa involucrada en alguna modalidad de educación o de formación durante las cuatro semanas anteriores al estudio. La igualdad de acceso a esta educación y formación posterior se define como ratio entre el porcentaje de oficios cualificados implicados en alguna forma de actividad educativa o formativa y el porcentaje de directivos, profesionales y técnicos (EQLLL). Las ratios más elevadas indicarían una distribución más uniforme de la educación y la formación posteriores entre categorías ocupacionales¹¹. El valor que se concede en una nación

al desarrollo de conocimientos y destrezas prácticas relacionados con el trabajo se mide a través de la proporción de la población activa que ha recibido educación o formación relacionada con el trabajo de manos de proveedores ajenos al sistema educativo de titulaciones formales durante las cuatro semanas anteriores al estudio (CVT). Se incluye la formación vocacional permanente que proporcionan las empresas.

Los gráficos 3 y 4 reflejan la relación entre la frecuencia de actividad laboral creativa y las dos mediciones de la inversión en conocimientos académicos formales. Los resultados son de diverso tipo. Aunque existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre la creatividad y la importancia de la educación de tercer grado, se discierne con dificultad la relación entre la creatividad en el trabajo y la importancia de las titulaciones de tercer grado en ciencias e ingenierías.

Los gráficos 5 y 6 muestran la relación que existe entre la actividad laboral creativa y nuestras dos mediciones de los sistemas de educación y formación basados en una amplia competencia. Los resultados muestran una relación positiva y muy significativa estadísticamente entre la

Gráfico 3. Porcentaje de trabajadores creativos por porcentaje de educación de tercer grado

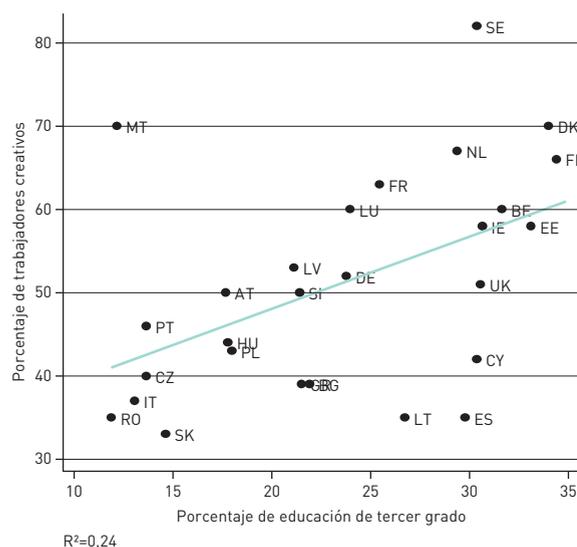
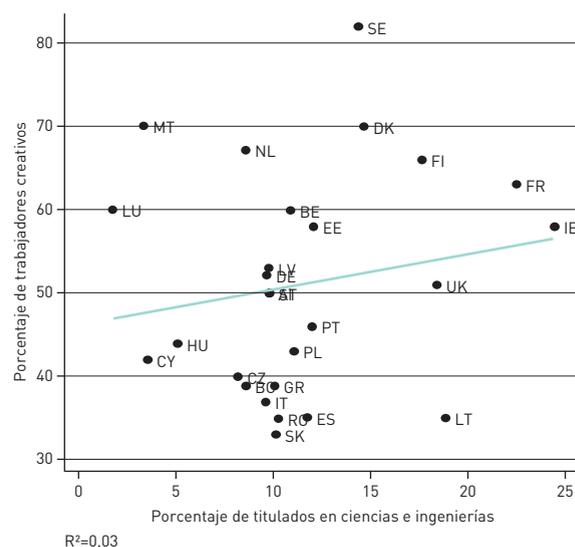


Gráfico 4. Porcentaje de trabajadores creativos por porcentaje de titulados en ciencias e ingenierías



¹¹ En este análisis nos centramos en el aprendizaje permanente más que en la formación vocacional inicial porque las oportunidades posteriores de recibir educación y formación a través de sistemas de aprendizaje permanente pueden aplicarse a todas las categorías ocupacionales. El adiestramiento u otras formas de formación vocacional inicial ajenas a la empresa tienden a ser propios de determinadas ocupaciones, y por tanto el grado de desarrollo de estas modalidades de formación es menos relevante para medir la extensión en general del sistema educativo y de formación de un país y hasta qué punto se valora la adquisición de destrezas relacionadas con el trabajo en los empleados, independientemente de su categoría ocupacional o de su nivel académico.

Gráfico 5. Porcentaje de trabajadores creativos por grado de igualdad de acceso en el aprendizaje permanente

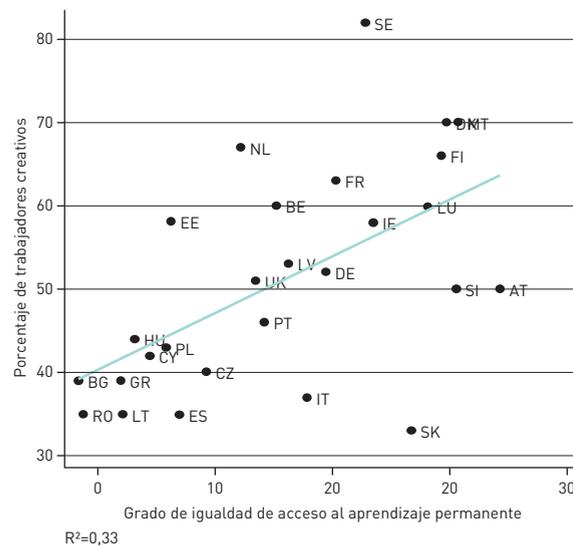
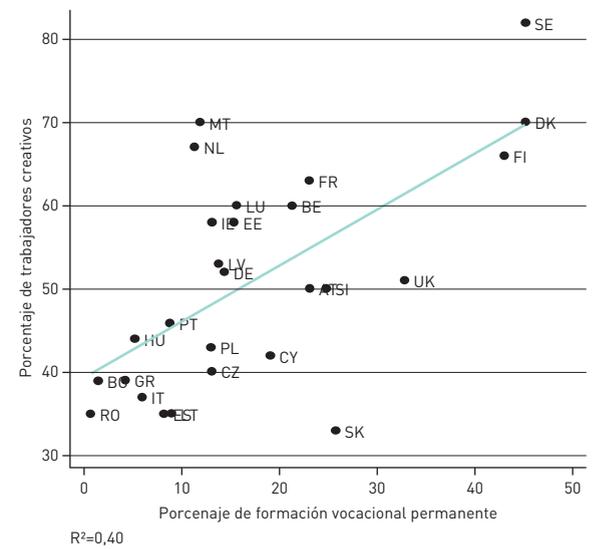


Gráfico 6. Porcentaje de trabajadores creativos por porcentaje de formación vocacional permanente



frecuencia del trabajo creativo y la medición de la igualdad de acceso al aprendizaje permanente, y una relación positiva y estadísticamente aun más significativa entre la frecuencia del trabajo creativo y el compromiso del país hacia el desarrollo de destrezas y conocimientos prácticos relacionados con el trabajo.

En general, aunque las correlaciones acumuladas indican que el incremento de los recursos destinados a la educación de tercer grado en general puede promover la creatividad en el trabajo, existen escasas pruebas que indiquen que un número insuficiente de titulados en ciencias e ingenierías constituya un obstáculo para conseguir mayores niveles de creatividad en el mismo. Es más: los resultados indican claramente que en muchos de los nuevos estados miembros o del sur de Europa que presentan muy escasa actividad laboral creativa, el principal obstáculo reside en el bajo nivel de inversiones en la educación y la formación posteriores.

CONCLUSIÓN

Uno de los puntos de partida de este trabajo ha sido el análisis de la *clase creativa* según

el concepto desarrollado por Florida. Tomando como referencia sus propuestas hemos utilizado datos de estudios sobre empleados de países europeos para clasificar a los trabajadores en función de su participación en actividades laborales creativas. Un primer resultado es que las categorías ocupacionales que utiliza Florida para definir a la clase creativa, si bien proporcionan un medio útil para medir el auge de esta a lo largo del tiempo dentro de un país, resultan confusas a la hora de establecer comparaciones internacionales. El país donde nos encontremos influye, y hallamos importantes *efectos nacionales* en la probabilidad de desempeñar actividades laborales creativas, una vez ajustados los efectos de la ocupación del empleado y del sector de actividad. Un operario o trabajador de servicios con media o ninguna cualificación cuenta con más probabilidades de que le sean asignadas tareas creativas en los países escandinavos que en los del este o el sur de Europa.

Dichas diferencias entre países pueden deberse a distintas causas, y en este trabajo las hemos relacionado con las diferencias institucionales existentes entre las economías

europas en cuanto al sistema de educación y formación posterior y a la estructura del mercado laboral. Hemos observado que los sistemas educativos basados en una amplia competencia y caracterizados por un acceso más igualitario a la formación posterior para perfeccionar las destrezas vocacionales frente a los conocimientos académicos se asocian a niveles más altos de trabajo creativo. Se ha visto también que los mercados laborales que combinan una elevada movilidad con una política hacia el mercado laboral ambiciosa en cuanto a medidas activas y pasivas tienden a asociarse a niveles más altos de trabajo creativo.

Podría decirse que la creatividad sienta las bases de la capacidad de un país para desarrollar conocimientos e innovar, y nuestro análisis posee implicaciones para la política pública en Europa. Utilizando una clasificación algo distinta para las categorías laborales, Arundel *et al.* (2007) demuestran que una elevada frecuencia de formas participativas de organización del trabajo está vinculada a la innovación más radical dentro de ese sistema nacional en concreto. La tendencia a actuar con estrechez de miras en cuanto a la innovación y a sus sistemas, centrándose en la innovación impulsada por la ciencia y relegando el aprendizaje basado en la experiencia y en la organización del trabajo, es errónea (Jensen *et al.*, 2007).

El Consejo Europeo de primavera de 2010 hizo hincapié en la importancia de las reformas estructurales para garantizar una recuperación firme y sostenible de la actual crisis económica y para mantener los modelos sociales europeos de sostenibilidad. Nuestros hallazgos proporcionan una orientación importante en cuanto a la dirección que dichas reformas deben tomar. El análisis revela que la *clase creativa* constituye una categoría flexible que se puede ampliar para incluir a muchos trabajadores corrientes. Según los resultados que hemos obtenido, podríamos decir que es necesaria una reforma institucional en Europa para crear sistemas de educación y formación posterior igualitarios y con una

amplia base e integrarlos en las políticas de flexiseguridad. Esta combinación política permitiría extender y profundizar en las actividades creativas de manera que estas dejaran de ser privilegio de una clase social específica. También pueden contemplarse como una manera de reforzar las economías de la Unión Económica y Monetaria más expuestas a la competencia mundial y que se ven afectadas por la situación financiera internacional. Asimismo, representaría un importante paso hacia la alineación de los dos objetivos clásicos de la agenda de Lisboa: la competitividad y la cohesión social.

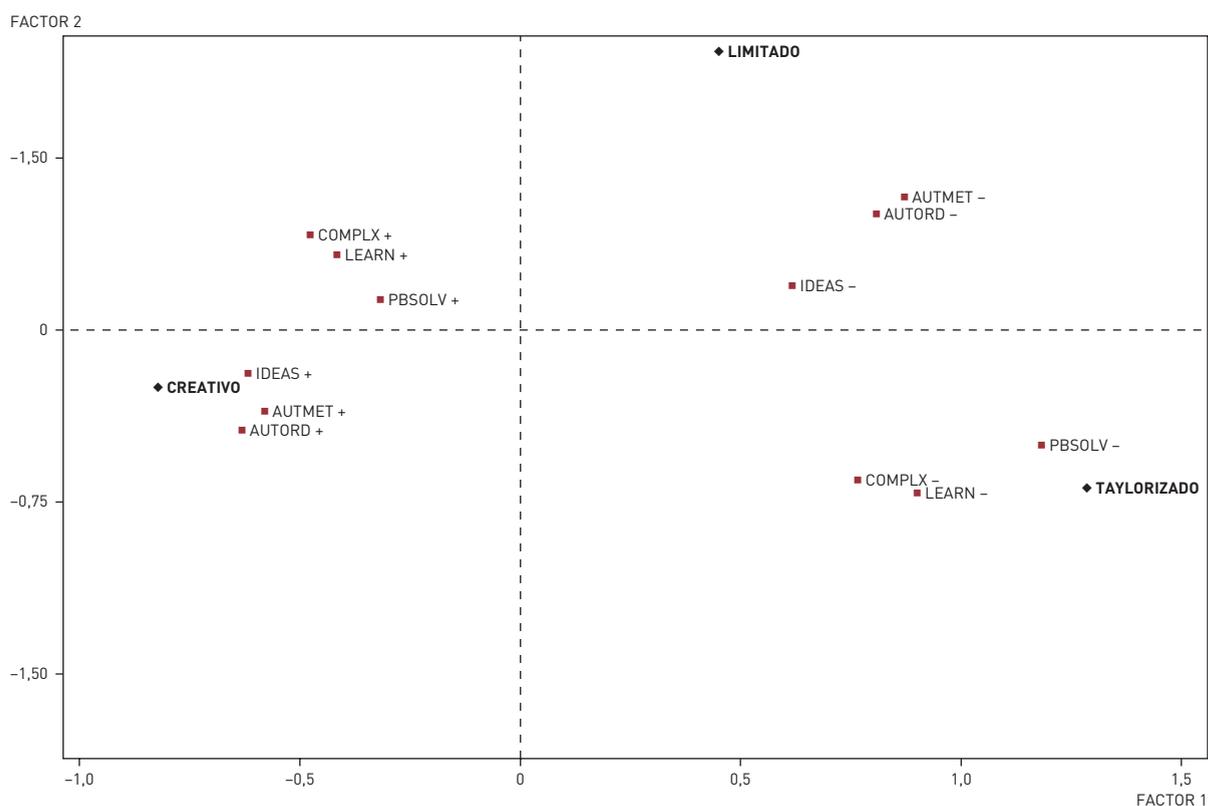
ANEXO

El gráfico A1 representa los dos primeros ejes o factores del análisis de correspondencias múltiples (ACM). El primer factor, que explica el 42% de la varianza del conjunto de datos o el estadístico D^2 , distingue entre los trabajadores creativos y los taylorizados. En un lado del eje tenemos las variables que miden la presencia de autonomía, aprendizaje, resolución de problemas, complejidad y uso de ideas propias, y en el otro las que miden su ausencia. El segundo factor, que explica el 17% de la varianza del conjunto de datos, se define por la presencia de resolución de

problemas, aprendizaje y complejidad combinados con la ausencia de autonomía y de la puesta en práctica de ideas propias en el trabajo.

La proyección del centro de gravedad de los tres conglomerados de trabajadores surgidos del análisis de clasificación jerárquica (véase el cuadro 2) en la representación gráfica de los dos primeros factores del ACM indica que los tres conglomerados se corresponden con los distintos tipos de actividad laboral. El conglomerado creativo se encuentra a la izquierda de la gráfica, el taylorizado a la derecha y el resolvidor de problemas limitado arriba.

Gráfico A1. Representación gráfica de los dos primeros factores del ACM: seis variables organizativas. En las seis variables de la actividad laboral creativa, + significa la presencia de dicho rasgo y - su ausencia. PBSOLV: resolución de problemas en el trabajo. LEARN: aprendizaje de cosas nuevas en el trabajo. IDEAS: uso de ideas propias en el trabajo. COMPLX: realización de tareas complejas. AUTMET: elección o modificación de los métodos de trabajo propios. AUTORD: elección o modificación del orden de las tareas propias.



Cuadro A1. Preguntas del estudio que se han empleado para elaborar las variables binarias de la actividad laboral

Variable	Preguntas del estudio
Aprender cosas nuevas (LEARN)	Su principal trabajo remunerado, ¿requiere o no, por regla general, el aprendizaje de cosas nuevas?
Resolución de problemas por parte de los empleados (PBSOLV)	Su principal trabajo remunerado, ¿requiere o no, por regla general, resolver problemas imprevistos por sí mismo?
Complejidad de las tareas (COMPLX)	Su principal trabajo remunerado, ¿suele requerir o no realizar tareas complejas?
Uso de ideas propias en el trabajo (IDEAS)	¿Puede casi siempre o a menudo aplicar sus propias ideas a su trabajo?
Autonomía al establecer métodos de trabajo (AUTOMET)	¿Puede elegir o modificar sus métodos de trabajo?
Autonomía al establecer el orden de sus tareas (AUTORD)	¿Puede elegir o modificar el orden de sus tareas?

Fuente: Agnès Parent-Thirion et al., 2007, pp. 109-134.

Cuadro A3. Indicadores acumulados: UE-27

	LABMOB	LMP	EQLLL	CVT	THRDED	S&EGRD
Bélgica	3,0	2,8	50,5	21,3	31,8	10,9
República Checa	2,5	0,4	38,5	13,1	13,5	8,2
Dinamarca	6,9	4,2	79,6	45,2	34,7	14,7
Alemania	3,8	3,2	59,0	14,4	23,8	9,7
Estonia	4,8	0,2	32,5	15,3	33,3	12,1
Grecia	2,2	0,5	24,0	4,3	21,5	10,1
España	7,6	2,0	34,0	8,2	29,9	11,8
Francia	5,8	2,3	60,7	23,1	25,5	22,5
Irlanda	5,9	1,3	67,1	13,1	30,8	24,5
Italia	3,3	1,3	55,8	6,0	12,9	9,7
Chipre	4,4	0,7	28,9	19,1	30,5	3,6
Letonia	5,3	0,5	52,6	13,8	21,1	9,8
Lituania	3,7	0,3	24,3	9,0	26,8	18,9
Luxemburgo	2,7	1,1	76,3	15,6	24,0	1,8
Hungría	3,1	0,6	26,4	5,2	17,7	5,1
Malta	2,6	0,1	81,5	11,9	12,0	3,4
Países Bajos	1,3	2,6	44,5	11,3	29,5	8,6
Austria	4,9	2,0	88,6	23,1	17,6	9,8
Polonia	4,3	1,2	31,7	13,0	17,9	11,1
Portugal	2,9	1,8	48,5	8,8	13,5	12,0
Eslovenia	4,2	0,6	81,2	24,8	21,4	9,8
Eslovaquia	3,4	0,4	73,5	25,7	14,5	10,2
Finlandia	8,8	2,6	78,7	43,0	35,1	17,7
Suecia	8,2	2,2	65,6	45,2	30,5	14,4
Reino Unido	4,0	0,2	46,9	32,8	30,7	18,4
Bulgaria	6,4	0,6	16,8	1,5	21,9	8,6
Rumanía	3,4	0,5	17,6	0,7	11,7	10,3

BIBLIOGRAFÍA

- AMABILE, T. (1988), «A model of creativity and innovation in organizations», en B. M. Staw y L. L. Cummings (eds.), *Research in Organisational Behaviour*, vol. 10, Greenwich, CT: JAI Press, pp.123-167.
- AMABILE, T., R. CONTI, H. COON, J. LAZENBY y M. HERRON (1996), «Assessing the Work Environment for Creativity», *Academy of Management Journal* 39(5), pp. 1154-1184.
- ARUNDEL, A., E. LORENZ, B.-Å. LUNDEVALL y A. VALEYRE (2007), «How Europe's economies learn: a comparison of work organization and innovation mode for the EU-15», *Industrial and Corporate Change* 16(6), pp. 1175-1210.
- BHARADWAJ, S., y A. MENON (2000), «Making Innovation Happen in Organizations: Individual Creativity Mechanisms, Organizational Creativity Mechanisms or Both?», *Journal of Product Innovation Management* 17(6): pp. 424-434.
- BARRON y HARRINGTON (1981), «Creativity, Intelligence, and Personality», *Annual Review of Psychology* 32, pp. 439-476.
- CRAFT, A. (2005), *Creativity in Schools: Tensions and Dilemmas*, Oxford: Routledge Press.
- CSIKSZENTMIHALYI, M. (1988), «Society, culture, and person: A system view of creativity», en R. Sternberg (ed.), *The Nature of Creativity: Contemporary Psychological Perspectives*, Cambridge: Cambridge University Press.
- DORE, R. (1973), *British Factory, Japanese Factory: The Origins of National Diversity in Industrial Relations*, Berkeley: University of California Press.
- DRAZIN, G., y KAZANJIAN (1999), «Multilevel Theorizing About Creativity in Organizations: A Sensemaking Perspective», *The Academy of Management Review* 24(2), pp. 286-307.
- FLORIDA, R. (2002), *The Rise of the Creative Class*, Nueva York: Basic Books.
- FLORIDA, R., C. MELLANDER y K. STOLARICK (2008), «Inside the black box of regional development—human capital, the creative class and tolerance», *Journal of Economic Geography* 8, pp. 615-649.
- FORD, C. (1996) «A Theory of Individual Creative Action in Multiple Social Domains», *The Academy of Management Review* 21(4), pp. 1112-1142.
- GALLIE, D. (1978), *In Search of the New Working Class*. Cambridge: Cambridge University Press.
- HALL, P., y D. SOSKICE (2001), *Varieties of Capitalism*, Oxford: Oxford University Press.
- HELSON, R. (1996), «In Search of the Creative Personality», *Creativity Research Journal* 9, pp. 295-306.
- JENSEN, M. B., B. JOHNSON, E. LORENZ y B.-Å. LUNDEVALL (2007), «Forms of Knowledge and Modes of Innovation», *Research Policy* 36(5), junio, pp. 680-693.
- LAM, A., y B.-Å. LUNDEVALL (2006), «The Learning Organisation and National Systems of Competence Building and Innovation», en E. Lorenz y B.-Å. Lundvall (eds.) *How Europe's Economies Learn: Coordinating competing models*, Oxford: Oxford University Press.
- LANE, C. (1989), *Management and Labour in Europe*, Aldershot: Edward Elgar.
- LORENZ, E., y B.-Å. LUNDEVALL (eds.) (2006), *How Europe's Economies Learn: Coordinating competing models*, Oxford: Oxford University Press.
- LORENZ, E. y B.-Å. LUNDEVALL (2010), «Accounting for Creativity in the European Union: A multi-level analysis of individual competence, labour market structure, and systems of education and training» (en prensa), *Cambridge Journal of Economics*.
- LORENZ, E., y A. VALEYRE (2005), «Organisational Innovation, HRM and Labour Market Structure: A comparison of the EU-15», *Journal of Industrial Relations*, pp. 424-442.
- LUNDEVALL, B.-Å. (2002), *Innovation, Growth and Social Cohesion: The Danish Model*, Cheltenham: Edward Elgar.
- LUNDEVALL, B.-Å., y E. LORENZ (2006), «Welfare and Learning in Europe—How to Revitalize the Lisbon Process and Break the Stalemate», en E. Lorenz y B.-Å. Lundvall (eds.), *How Europe's Economies Learn: Coordinating competing models*, Oxford: Oxford University Press.
- LUBART, T. (1999), «Creativity across cultures», en R. J. Sternberg (ed.), *Handbook of Creativity*, Cambridge: Cambridge University Press.
- MALERBA, F. (2002), «Sectoral systems of innovation and production», *Research Policy* 31, pp. 247-264.
- MAURICE, M., F. SELLEIER y J.-J. SILVESTRE (1986), *The Social Foundations of Industrial Power*, Cambridge: The MIT Press.
- MELLANDER, C., y R. FLORIDA (2006), «The Creative Class or Human Capital? – explaining regional development in Sweden», Working Paper Series in Economics and Institutions of Innovation 79, Royal Institute of Technology, CESIS - Centre of Excellence for Science and Innovation Studies.
- PARENT-THIRION, A., E. FERNÁNDEZ MACÍAS, J. HURLEY y G. VERMEYLEN (2007), *Fourth European Working Conditions Survey*, European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, Dublin.
- PAYNE (1990), «The effectiveness of research issues: A review», en M. West y J. Farr (eds.), *Innovation and creativity at work*, Chichester: Wiley, pp. 101-122.
- PETRAKOS AGILIS, M. (2007), «Quality report of the 4th European working conditions survey», European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, Dublin. <http://www.eurofound.europa.eu/publications/htmlfiles/ef0708.htm>
- REILLY, R. (2008), «Is expertise a necessary precondition for creativity? A case of four novice learning group facilitators», *Thinking Skills and Creativity* 3, pp. 59-76.
- RICHARDS, R. (1996), «Beyond Piaget: Accepting divergent, chaotic, and creative thought», *New Direction for Child Development* 72, pp. 67-78.
- ROFFE, I. (1999), «Innovation and creativity in organisations: a review of the implications for training and development», *Journal of European Industrial Training* 23, pp. 224-241.
- SAXENIAN, A. (1996), *Beyond Boundaries: Open Labor Markets and Learning in Silicon Valley*, Oxford: Oxford University Press.
- STERNBERG, R. J. (ed.) (1988), *The Nature of Creativity: Contemporary Psychological Perspectives*, Cambridge: Cambridge University Press.
- STERNBERG, R. J. (ed.) (1999), *Handbook of Creativity*, Cambridge: Cambridge University Press.
- STERNBERG, R., y T. LUBART (1991), «An investment theory of creativity and its development», *Human Development* 34(1), pp. 1-31.
- WEISBERG, R. (1993), *Creativity: beyond the myth of genius*, Nueva York: W. H. Freeman.
- WHITLEY, R. (2006), «Innovation systems and institutional regimes: the construction of different types of national, sectoral and transnational innovation systems», en E. Lorenz y B. A. Lundvall (eds.), *How Europe's Economies Learn: Coordinating competing models*, Oxford: Oxford University Press.
- WOODMAN, R. W., J. E. Sawyer y R. W. Griffin (1993), «Toward a Theory of Organizational Creativity», *Academy of Management Review* 18(2), pp. 293-321.

BBVA

Organizaciones innovadoras: estructura, aprendizaje y adaptación

Alice Lam
Royal Holloway University
of London

INTRODUCCIÓN

La innovación es una importante fuente de crecimiento y un factor determinante para la ventaja competitiva de numerosas organizaciones. Generar innovación exige los esfuerzos coordinados de muchos participantes distintos y la integración de actividades vinculadas a múltiples funciones especializadas, dominios de conocimiento y ámbitos de aplicación. Por ello, la creación organizacional es fundamental en el proceso de innovación (Van de Ven *et al.*, 1999). La capacidad de una organización para innovar es una condición sin la que no puede darse una utilización eficaz de los recursos inventivos y las nuevas tecnologías. A la inversa, la introducción de una nueva tecnología coloca casi siempre a las organizaciones ante un complejo entramado de oportunidades y desafíos que generan cambios en las prácticas de gestión y favorecen la aparición de nuevas formas organizacionales. Las innovaciones organizacionales y tecnológicas se entremezclan. Para Schumpeter (1950), los cambios organizacionales son, junto con los nuevos productos y procesos y los mercados emergentes, factores de *destrucción creativa*.

La literatura existente sobre la innovación organizacional es muy variada y se puede clasificar a grandes rasgos en tres corrientes. Las teorías sobre el diseño organizacional se centran

esencialmente en el nexo entre las formas estructurales y la tendencia de una organización a innovar (por ejemplo, Burns y Stalker, 1961; Lawrence y Lorsch, 1967; Mintzberg, 1979). La unidad de análisis es la organización, y el objetivo principal de la investigación es identificar las características estructurales de una organización innovadora o determinar los efectos que diversas variables estructurales organizacionales tienen sobre la innovación de los productos y los procesos. Las teorías sobre cognición y aprendizaje de las organizaciones (Glynn, 1996; Bartel y Garud, 2009), en cambio, subrayan las bases cognitivas de la innovación organizacional, que según estos estudios tiene relación con el proceso de aprendizaje y creación de conocimiento de una organización (Argyris y Schon, 1978; Nonaka y Takeuchi, 1995; Nonaka y Von Krogh, 2009). Esta corriente de trabajo proporciona una microlente que ayuda a entender la capacidad de las organizaciones para crear y explotar el nuevo conocimiento necesario para las actividades innovadoras. Una tercera corriente de investigación es la dedicada al cambio y a la adaptación de las organizaciones y a los procesos que subyacen tras la creación de las nuevas formas organizacionales (Lewin y Volberda, 1999). Su objetivo principal es entender si las organizaciones pueden adaptarse cuando se enfrentan

a grandes cambios tecnológicos y a transformaciones radicales del entorno. En este contexto, la innovación se entiende como la capacidad de responder a los cambios del entorno externo y de influir en él y moldearlo (Burgelman, 1991, 2002; Child, 1997; Teece, 2007).

En este capítulo se examina la naturaleza de las organizaciones innovadoras y la relación existente entre los procesos de organización y los de innovación desde estas tres perspectivas. La segunda sección recurre a las teorías sobre el diseño de las organizaciones y a los trabajos realizados en el campo de la estrategia para analizar los nexos entre la estructura organizacional y la capacidad de innovación. En la tercera sección la atención se centra en el nivel microscópico del proceso de aprendizaje y de creación de conocimiento de una organización. Este apartado sostiene que organizaciones con diferentes formas estructurales varían en sus patrones de aprendizaje y creación de conocimiento, y engendran distintos tipos de capacidades innovadoras. Se ofrece a continuación un análisis de la adaptación organizacional y de los retos contemporáneos a los que se enfrentan las compañías que aspiran a convertirse en organizaciones *ambidexas* para impulsar la innovación. La última sección esboza algunas conclusiones generales del análisis, destaca las lagunas de la literatura existente y propone áreas de investigación para el futuro.

ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL E INNOVACIÓN

Arquetipos estructurales y capacidad innovadora

La teoría clásica del diseño organizacional se caracterizaba por un marcado interés por las formas universales y por la idea de *una única forma óptima de organización*. El trabajo de Weber (1947) sobre la burocracia y el de Chandler (1962) sobre la forma multidivisional tuvieron una enorme influencia. La suposición de que existe una *única forma óptima* fue cuestionada, sin embargo, por las investigaciones que se llevaron a cabo durante las décadas de 1960 y 1970 bajo la rúbrica de la teoría de la contingencia, que interpreta la diversidad de las formas

organizacionales, con sus múltiples variaciones, como una respuesta a las exigencias del contexto. La teoría de la contingencia defiende que la *estructura más apropiada* para una organización es aquella que mejor se adapta a una contingencia operativa dada, como la escala de la operación (Blau, 1970), la tecnología (Woodward, 1965; Perrow, 1970) o el entorno (Burns y Stalker, 1961; Lawrence y Lorsch, 1967). Esta corriente teórica y de investigación cimienta nuestra interpretación de las relaciones existentes entre la naturaleza del entorno transaccional y tecnológico, la estructura y el rendimiento. Algunos de los estudios abordan la relación que se da entre la estructura y la innovación.

Las tipologías polares de organizaciones *mecanicistas* y *orgánicas* propuestas por Burns y Stalker (1961) (véase el cuadro 1) demuestran cómo las diferencias en el entorno tecnológico y de mercado en cuanto a velocidad de cambio y complejidad afectan a las estructuras organizacionales y a la gestión de la innovación. En el estudio se descubrió que las empresas se podían adscribir a uno de esos dos tipos principales: el primero, más rígido y jerárquico, adecuado para unas condiciones estables, o el segundo, con una configuración más fluida, que se adapta a unas condiciones marcadas por la rapidez de los cambios y de la innovación. Ninguno de los dos tipos es intrínsecamente bueno o malo; el entorno de la empresa es la contingencia que desencadena una respuesta estructural. Un tema parecido se aborda en el trabajo de Lawrence y Lorsch (1967), que analiza los principios de diferenciación e integración de las organizaciones y el modo en que estos principios se adaptan a distintas condiciones ambientales, como los subentornos de mercado, técnico-económicos y científicos, de distintos sectores. Mientras que Burns y Stalker tratan una organización como un todo no diferenciado que es o bien mecanicista o bien orgánico, Lawrence y Lorsch reconocen que las estructuras mecanicistas y orgánicas pueden coexistir en distintas partes de una misma organización en respuesta a las diferentes exigencias de los

subentornos funcionales. El trabajo de estos autores pioneros tuvo un profundo impacto en la teoría de la organización y proporcionó unas pautas de diseño de gran utilidad para la gestión de la innovación. El modelo de Burns y Stalker sigue teniendo un gran peso en nuestra visión de los desafíos contemporáneos a los que muchas organizaciones se enfrentan en sus intentos de alejarse de una forma mecanicista para aproximarse a una orgánica a medida que la innovación gana en importancia y que la velocidad del cambio ambiental aumenta. La sugerencia de Lawrence y Lorsch de que las estructuras mecanicistas y orgánicas pueden coexistir queda reflejada en el debate contemporáneo sobre la importancia de desarrollar modos de organización

híbridos —*organizaciones ambidexas*—, que sean capaces de hacer frente a los cambios tecnológicos evolutivos y también a los revolucionarios (O'Reilly y Tushman, 2004, 2008; Tushman *et al.*, 2010; véase la última sección).

Otra importante contribución de la primera época es la obra de Mintzberg (1979), que sintetizó una buena parte del trabajo existente sobre las estructuras organizacionales y propuso una serie de arquetipos que reflejan las configuraciones estructurales básicas de las empresas que operan en diferentes entornos. En consonancia con la teoría de la contingencia, este autor argumenta que una organización de éxito diseña su estructura de modo que se adapte a su situación. Además, desarrolla una configuración lógica de

Cuadro 1. Burns y Stalker: estructuras mecanicistas y orgánicas

Burns y Stalker (1961) se propusieron explorar si las diferencias existentes en los entornos tecnológicos y de mercado influían en la estructura y los procesos de gestión de las empresas. Investigaron a fondo veinte empresas de fabricación y clasificaron sus entornos como *estables y predecibles* o como *inestables e impredecibles*. Descubrieron que las empresas se podían agrupar en dos tipos principales, la forma mecanicista y la forma orgánica, con prácticas de gestión y estructuras que, en su opinión, eran respuestas lógicas a las condiciones del entorno.

La *organización mecanicista* tiene una estructura más rígida y se da normalmente en aquellos casos en los que el entorno es estable y predecible. Sus características son:

- a) las tareas requeridas en la organización se desglosan en deberes especializados y funcionalmente diferenciados, y las tareas individuales se llevan a cabo de un modo abstracto, más o menos distinguible de la organización como conjunto;
- b) la definición precisa de los derechos, las obligaciones y los métodos técnicos está asociada a las funciones de los empleados, y estas se traducen en responsabilidades de un cargo funcional inscritas en una estructura jerárquica de control, autoridad y comunicación;
- c) el conocimiento sobre la totalidad de la organización reside exclusivamente en la parte superior de la jerarquía, y la importancia y el prestigio se asocian más a la experiencia, la destreza y el conocimiento de carácter local e interno que a los generales vinculados con el conjunto de la organización;
- d) tendencia a que las interacciones entre los miembros de la organización sean verticales, es decir, entre superior y subordinado.

La *organización orgánica* tiene una configuración mucho más fluida y es una forma idónea cuando se dan condiciones ambientales cambiantes que requieren respuestas originales e innovadoras. Sus características son:

- a) los individuos contribuyen a la tarea común de la organización y hay constantes ajustes y redefiniciones de las tareas individuales como resultado de la interacción con los demás;
- b) la propagación del compromiso con la organización va más allá de cualquier definición técnica; hay una estructura de red del control, la autoridad y la comunicación, y una dirección de comunicación lateral y no vertical;
- c) el conocimiento puede encontrarse en cualquier lugar de la red y su ubicación en cada momento se convierte en el centro de la autoridad y la comunicación;
- d) la importancia y el prestigio se asocian a afiliaciones y destrezas válidas en los entornos industriales, técnicos y comerciales externos a la empresa.

Las formas mecanicistas y orgánicas son tipos polares situados en extremos opuestos de un espectro continuo. En algunas organizaciones, los autores encontraron una mezcla de los dos tipos.

los parámetros de diseño. En otras palabras, una estructuración eficaz requiere coherencia en los parámetros de diseño y los factores de contingencia. La *hipótesis de configuración* sugiere que, en la mayoría de los casos, en las empresas predominará uno de los cinco arquetipos puros identificados por Mintzberg —estructura simple, burocracia mecánica, burocracia profesional, forma divisional y adhocracia—, a cada uno de los cuales se asocia un potencial innovador diferente. Dos de estos arquetipos se pueden clasificar como organizaciones orgánicas con una gran capacidad de innovación y adaptación: la estructura simple y la adhocracia. La primera se basa en la supervisión directa de una persona, como en el caso de las *start-ups* que buscan constantemente los entornos de alto riesgo. La segunda es una organización centrada en los proyectos y muy flexible que depende del ajuste mutuo de los equipos encargados de resolver los problemas. Es apta para la innovación radical en un entorno volátil. Los otros tres arquetipos restantes —burocracia mecánica, burocracia profesional y forma divisional— tienen unas capacidades innovadoras más limitadas y responden peor a la novedad y al cambio. Los rasgos característicos de los arquetipos y sus implicaciones innovadoras se muestran en el cuadro 2.

Las teorías de la contingencia reflejan la diversidad de las formas de las organizaciones en distintos entornos tecnológicos y transaccionales. Suponen que, a medida que los mercados de los productos y de la tecnología ganen en complejidad e incertidumbre y que las transacciones se vuelvan más heterogéneas e impredecibles, las organizaciones adoptarán estructuras más adaptativas y flexibles, y lo harán alejándose de las formas de organización burocráticas y aproximándose a las orgánicas. Las dificultades que entraña lograr este *ajuste* no se abordan, sin embargo, en esta corriente de investigación.

Estrategia, estructura y empresa innovadora

Los microeconomistas especializados en el campo de la estrategia consideran que la

estructura organizacional es a la vez causa y efecto de las elecciones estratégicas de gestión que se dan en respuesta a las oportunidades de mercado. Las formas organizacionales se construyen a partir de dos variables: *estrategia* y *estructura*. El argumento central es que ciertos tipos o atributos de las organizaciones pueden generar un mayor rendimiento innovador en un entorno dado porque son más adecuados para reducir los costes de las transacciones y responder a los posibles fallos del mercado de capital. La forma multidivisional o M, por ejemplo, ha surgido en respuesta al aumento de la escala y la complejidad de las empresas y está asociada con una estrategia de diversificación en áreas tecnológicas y de productos relacionadas entre sí (Chandler, 1962). Puede ser una innovadora eficaz en ciertos mercados de productos, pero tiene una capacidad limitada para desarrollar nuevas competencias.

La teoría de la *empresa innovadora* propuesta por Lazonick (Lazonick, 2004, 2010) tiene sus raíces en el marco chandleriano, ya que se centra en el modo en que la estrategia y la estructura determinan la ventaja competitiva de una empresa. También amplía la conceptualización de Lawrence y Lorsch (1967) que formula los problemas de diseño organizacional en términos de diferenciación e integración. La teoría distingue la *empresa optimizadora* de la *empresa innovadora*. Mientras que la primera trata de obtener los máximos beneficios posibles para un conjunto dado de capacidades tecnológicas y restricciones de mercado, la segunda aspira a transformar las restricciones tecnológicas y de los mercados mediante el desarrollo de capacidades organizacionales distintivas que los competidores no puedan imitar fácilmente. Lazonick identifica tres condiciones sociales que contribuyen al desarrollo de una empresa innovadora. La primera condición es el *control estratégico*, definido como el conjunto de relaciones que aportan a los principales responsables de la toma de decisiones el conocimiento y los incentivos que necesitan para asignar los recursos de la empresa de un modo que permita responder a

Cuadro 2. Arquetipos estructurales de Mintzberg y sus potenciales innovadores

Arquetipo de organización	Características principales	Potencial innovador
Estructura simple	Tipo orgánico controlado centralmente por una persona, aunque puede responder con rapidez a los cambios del entorno; por ejemplo, <i>start-ups</i> pequeñas del sector de la alta tecnología.	Emprendedora y a menudo muy innovadora, en una búsqueda constante de entornos de alto riesgo. Sus debilidades son la vulnerabilidad a los errores de juicio individuales y las limitaciones de los recursos, insuficientes para sostener el crecimiento.
Burocracia mecánica	Organización mecanicista caracterizada por un alto nivel de especialización, estandarización y control centralizado. Esfuerzo constante por sistematizar las tareas por medio de la formalización de las destrezas y las experiencias de los trabajadores. Por ejemplo, empresas de producción en serie.	Diseñada para la eficiencia y la estabilidad. Resuelve bien los problemas rutinarios, pero es muy rígida y no puede responder a la novedad y a los cambios.
Burocracia profesional	Forma mecanicista descentralizada que confiere un alto grado de autonomía a los distintos profesionales. Se caracteriza por la especialización individual y funcional, con una concentración de poder y estatus en los <i>expertos autorizados</i> . Las universidades, los hospitales, las contadurías y los despachos de abogados son ejemplos típicos.	Los expertos pueden ser muy innovadores en un dominio especializado, pero las dificultades inherentes a la coordinación de las distintas funciones y disciplinas imponen serios límites a la capacidad innovadora de la organización como conjunto.
Forma divisional	Forma orgánica descentralizada en la que entidades casi autónomas se encuadran de un modo muy flexible dentro de una estructura administrativa central. Asociada normalmente con organizaciones más grandes diseñadas para responder a los desafíos del entorno local.	Capacidad para concentrarse en el desarrollo de competencias en nichos concretos. Entre sus debilidades se incluyen la tendencia a alejarse de las iniciativas centrales de I+D para primar los esfuerzos locales y la competición entre divisiones, dos elementos que inhiben la compartición del conocimiento.
Adhocracia	Organización muy flexible centrada en los proyectos y diseñada para responder a la inestabilidad y la complejidad. Los equipos encargados de resolver los problemas se pueden reconfigurar con rapidez en función de las exigencias del mercado y los cambios externos. Ejemplos típicos son las asociaciones profesionales y las empresas de ingeniería de <i>software</i> .	Puede aprender y desaprender con rapidez, y tiene una gran capacidad de adaptación e innovación. Sin embargo, por su estructura inestable es proclive a tener una vida corta y con el tiempo puede acercarse a la burocracia (véase también la tercera sección).

Fuentes: Mintzberg (1979); Tidd et al. (1997: 313-314); Lam (2000).

las amenazas y las oportunidades del mercado. La segunda condición es la *integración organizacional*, es decir: la integración horizontal y vertical de las destrezas y los conocimientos que posibilitan la acumulación de aprendizaje a lo largo del tiempo. Y la tercera condición es el *compromiso financiero* que garantiza que se dedica una cantidad de fondos adecuada al desarrollo de competencias con el fin de impulsar el proceso acumulativo de innovación. La esencia de la

empresa innovadora, según Lazonick (2004: 34), «es la integración organizacional de una base de personal cualificado que puede participar en un aprendizaje colectivo y acumulativo». La enorme importancia de la integración de las destrezas y el conocimiento como base social de la innovación se subraya también en la obra de otros autores (Lam, 2000; Lam y Lundvall, 2006).

Dado que las condiciones en las que se sustenta la empresa innovadora son sociales, el

tipo de capacidad de integración organizacional y la naturaleza de la empresa innovadora suelen variar en función de los distintos contextos institucionales y a lo largo del tiempo (Whitley, 2000; Lazonick, 2005). Partiendo de un estudio comparativo de la evidencia histórica disponible, Lazonick (2005) ha ilustrado el auge y el fracaso de diversos modelos nacionales de firmas innovadoras caracterizadas por distintos tipos de capacidades organizacionales. Por ejemplo, el crecimiento de la corporación industrial norteamericana durante la primera mitad del siglo XX fue impulsado por una eficaz organización de gestión que permitió implantar nuevas tecnologías y emplear a trabajadores con poca o ninguna formación en la producción en serie. En la década de 1970, el formato norteamericano de corporación centrada en la gestión se encontró con el modelo opuesto japonés de empresa innovadora, que superó al estadounidense en muchos sectores industriales como la electrónica de consumo, las máquinas herramienta y los automóviles. Las firmas japonesas han logrado ganar ventaja competitiva en estos sectores gracias a su mayor capacidad organizativa para integrar las destrezas de los obreros y las redes empresariales, lo que les permite planificar y coordinar las divisiones de trabajo especializadas y las estrategias de inversión innovadoras. A finales de 1990 se registró en Estados Unidos un resurgimiento de los sectores de alta tecnología abanderado por lo que Lazonick (2004, 2010) denomina *empresas de la nueva economía* de Silicon Valley, cuya capacidad innovadora se deriva de la integración dinámica de las destrezas técnicas y emprendedoras dentro de organizaciones en red abiertas y extremadamente flexibles.

La teoría de la empresa innovadora postulada por Lazonick y por otros investigadores del campo de la estrategia (por ejemplo, Teece *et al.*, 1997; Teece, 2007) subraya la importancia de los procesos organizacionales y de gestión —integración, aprendizaje y reconfiguración— como elementos principales en los que se apoya el rendimiento innovador de estas empresas. Esta

corriente de trabajo dedica poca atención, sin embargo, a la microdinámica del aprendizaje dentro de las organizaciones.

BASES COGNITIVAS DE LA INNOVACIÓN DE LAS ORGANIZACIONES

Aprendizaje y creación de conocimiento en las organizaciones

Las perspectivas estructurales analizadas en las secciones anteriores tratan la innovación como un resultado de ciertas características estructurales. Algunos investigadores del ámbito organizacional consideran la innovación como un proceso en el que se ponen en práctica nuevas ideas que permiten solucionar problemas (Amabile, 1988; Kanter, 1983). Mezas y Glynn (1993: 78) definen la innovación como un «cambio organizacional discontinuo, importante y no rutinario en el que toma cuerpo una nueva idea que no se corresponde con el concepto actual del negocio de la organización». Según este planteamiento, una organización innovadora es inteligente y creativa (Glynn, 1996; Woodman *et al.*, 1993), capaz de aprender con eficacia (Argote, 1999; Senge, 1990; Argyris y Schon, 1978) y de crear nuevos conocimientos (Nonaka, 1994; Nonaka y Takeuchi, 1995; Nonaka y Von Krogh, 2009). Cohen y Levinthal (1990) sostienen que los resultados innovadores dependen de la acumulación previa de conocimiento, que permite a los innovadores asimilar y explotar los conocimientos nuevos. Desde esta perspectiva, entender el papel que el aprendizaje de la organización desempeña como catalizador o inhibidor de la innovación adquiere una enorme importancia.

Un aspecto esencial de las teorías sobre el aprendizaje y la creación de conocimiento en las organizaciones es el modo en que estas transforman sus visiones y conocimientos individuales en capacidad organizacional y conocimientos colectivos. Aunque algunos investigadores sostienen que el aprendizaje es en esencia una actividad individual (Simon, 1991; Grant, 1996), la mayoría de las teorías sobre el aprendizaje de las organizaciones subrayan la importancia del

conocimiento colectivo como fuente de capacidad organizacional. El conocimiento colectivo es el conocimiento acumulado que la organización almacena en sus reglas, procedimientos, rutinas y normas comunes, que guían las actividades dirigidas a solucionar problemas y los patrones de interacción entre sus miembros. El conocimiento colectivo se asemeja a la *memoria o mente colectiva* de la organización (Walsh y Ungson, 1991). Puede tratarse de unas *existencias* de conocimiento almacenadas como datos físicos o de conocimiento en estado de *flujo* generado por la interacción. El conocimiento colectivo existe *entre* los individuos y no *dentro* de ellos. Puede ser más o menos que la suma del conocimiento de los individuos, dependiendo de los mecanismos que transforman el conocimiento individual en conocimiento colectivo (Glynn, 1996). Tanto los individuos como las organizaciones son entidades con capacidad de aprendizaje. Todas las actividades de aprendizaje, sin embargo, tienen lugar en un contexto social, y son la naturaleza y los límites de ese contexto los que marcan la diferencia en los resultados del aprendizaje.

Buena parte de la literatura sobre el aprendizaje organizacional destaca la importancia que la interacción social, el contexto y los esquemas cognitivos compartidos tienen para el aprendizaje y la creación de conocimiento (Argyris y Schon, 1978; Lave y Wenger, 1991; Brown y Duguid, 1991, 1998; Bartel y Garud, 2009). Esto lleva un paso más lejos la idea de Polanyi (1966) de que mucho del conocimiento humano es subjetivo y tácito y, por tanto, difícil de codificar y transmitir desvinculado del sujeto al que pertenece. Por este motivo, su transferencia requiere interacción social, además del desarrollo de una visión compartida y de esquemas interpretativos comunes.

La teoría de Nonaka sobre la creación de conocimiento organizacional se sustenta en la idea de que la cognición compartida y el aprendizaje colectivo constituyen la base de la creación del conocimiento de una organización (Nonaka, 1994; Nonaka y Takeuchi, 1995; Nonaka y Von Krogh, 2009). En el núcleo de la teoría se halla la

premisa de que el conocimiento tácito es el origen de todo el conocimiento humano y de que la creación de conocimiento organizacional es un proceso en el que se moviliza el conocimiento tácito individual y se fomenta su interacción con la base de conocimiento explícito de la empresa. Nonaka defiende que el conocimiento, para su creación, requiere un contexto. Emplea la palabra japonesa *ba*, que significa literalmente «lugar», para describir ese contexto. *Ba* proporciona un espacio social y mental común para la interpretación de la información, la interacción y las relaciones emergentes que sirve como base para la creación de conocimiento. Participar en un *ba* supone trascender la perspectiva cognitiva limitada del individuo o las fronteras sociales para unirse a un proceso dinámico en el que el conocimiento se comparte y se crea. Asimismo, la noción de *comunidad de práctica* (Lave y Wenger, 1991; Wenger, 1998; Brown y Duguid, 1991, 1998) sugiere que los miembros de la organización construyen sus identidades y perspectivas comunes a través de la *práctica*, definida como las experiencias de trabajo compartidas. La *práctica* proporciona una actividad social en la que se desarrollan perspectivas y repertorios cognitivos comunes gracias a los cuales compartir y transferir el conocimiento resulta más sencillo. Así pues, el grupo de trabajo ofrece un importante contexto en el que pueden darse unos niveles intensos de aprendizaje y creación de conocimiento. El grupo, situado en la intersección de los flujos de conocimiento horizontales y verticales de la organización, actúa como puente entre esta y el individuo en el proceso de creación de conocimiento. Una parte considerable de la literatura reciente sobre las formas de organización nuevas e innovadoras estudia también el uso de estructuras grupales descentralizadas como principio organizativo básico.

Numerosos investigadores del campo de la organización y la gestión consideran la empresa como un contexto social crítico que alberga los procesos colectivos de aprendizaje y creación de conocimiento. Nonaka y Takeuchi (1995) hablan

de la *empresa creadora de conocimiento*. Argyris y Schon (1978) sugieren que una organización es, en su raíz, una empresa cognitiva que aprende y desarrolla conocimiento. El *conocimiento organizacional* se refiere esencialmente a los esquemas cognitivos compartidos y a la visión común distribuida de la empresa, que permiten compartir y transferir el conocimiento con facilidad. Es similar al concepto de *rutinas organizacionales* introducido por Nelson y Winter (1982): un tipo de conocimiento colectivo que nace de las normas y creencias compartidas, permite solucionar conjuntamente los problemas y genera patrones de acción complejos en ausencia de reglas escritas. La noción de *competencia central* (Prahalad y Hamel, 1990) implica que las actividades de aprendizaje y creación de conocimiento de las empresas suelen ser acumulativas y dependientes de la trayectoria. Normalmente, las firmas persisten en lo que hacen porque el aprendizaje y el conocimiento están integrados en las relaciones sociales, en la cognición compartida y en las formas ya afianzadas de hacer las cosas (Kogut y Zander, 1992). Diversos autores han analizado el modo en que, en el ámbito tecnológico, el aprendizaje colectivo depende de las competencias acumulativas de las empresas y evoluciona siguiendo unas trayectorias concretas (Dosi, 1988; Pavitt, 1991). De este modo, el contexto y la identidad social comunes vinculados a unos intensos procesos grupales de aprendizaje y acumulación de conocimiento pueden limitar la evolución del conocimiento colectivo. Para las empresas, puede resultar difícil desaprender las prácticas anteriores y explorar formas alternativas de actuación. Levinthal y March (1993) sostienen que las organizaciones sufren a menudo de *miopía del aprendizaje* y tienen tendencia a mantener el enfoque adoptado y a acentuar la competencia que las distingue, lo que los autores llaman *caer en una trampa de competencia*. La investigación empírica realizada por Leonardo-Barton (1992) ilustra cómo las *capacidades centrales* de las empresas pueden convertirse en *rigideces centrales* en el desarrollo de nuevos productos.

Una dificultad inherente al aprendizaje organizacional es la necesidad de mantener una identidad y un límite externo y, al mismo tiempo, lograr que ese límite sea lo suficientemente abierto para permitir el flujo de nuevos conocimientos e ideas desde el exterior. March (1991) señala que una tensión fundamental del aprendizaje organizacional es la que se deriva de la necesidad de mantener el equilibrio entre dos objetivos opuestos: la *explotación de las viejas certezas* y la *exploración de las nuevas posibilidades*. Mientras que la creación de conocimiento es a menudo el producto de la capacidad de una organización para recombinar el conocimiento disponible y generar nuevas aplicaciones a partir de la base de conocimiento existente, el aprendizaje radicalmente nuevo suele surgir del contacto con personas ajenas a la organización, que se encuentran en una posición más propicia para desafiar las perspectivas y los paradigmas establecidos. La investigación empírica ha sugerido que las fuentes de la innovación residen en muchos casos fuera de una organización (Von Hippel, 1988; Lundvall, 1992). Las alianzas empresariales externas y las redes de relaciones, así como la incorporación de personal para injertar nuevos conocimientos en los sistemas de aprendizaje existentes, son mecanismos importantes para el aprendizaje organizacional y la renovación del conocimiento en un entorno caracterizado por un rápido desarrollo tecnológico y por cambios disruptivos (Powell, 1998; Lam, 2007). La perspectiva de la *capacidad dinámica* sostiene que el rendimiento competitivo de una empresa a largo plazo reside en su habilidad para desarrollar capacidades propias y, a la vez, renovar y reconfigurar sus competencias en respuesta a un entorno marcado por la *destrucción creativa* (Teece *et al.*, 1997; Teece, 2007). De este modo, un reto organizacional básico de la innovación es el de mantener un equilibrio estático entre la explotación y la exploración o entre la estabilidad y el cambio y, además, equilibrar y coordinar constantemente los dos aspectos de un modo dinámico en el conjunto de la organización.

Dos modelos alternativos de organizaciones de aprendizaje: *forma J* frente a *adhocracia*

Todas las organizaciones pueden aprender y crear conocimiento, pero sus patrones de aprendizaje y sus capacidades innovadoras varían (Lam, 2000, 2002). Durante las últimas dos décadas, una extensa literatura ha examinado los nuevos modelos y conceptos organizacionales diseñados para fomentar el aprendizaje y la innovación en las organizaciones. Entre estos modelos se incluyen los *sistemas de trabajo de alto rendimiento* o de *producción flexible* (Womack *et al.*, 1990), representados por las firmas japonesas del sector automovilístico, la *corporación de forma N* (Hedlund, 1994) y la *organización hipertextual* (Nonaka y Takeuchi, 1995). Otros conceptos más recientes, como las *formas celulares* (Miles *et al.*, 1997), las *formas modulares* (Galunic y Eisenhardt, 2001), las *redes basadas en los proyectos* (DeFillippi, 2002) y las *empresas de la nueva economía* (Lazonick, 2004), reflejan el crecimiento de formas de organización flexibles y adaptativas con un interés estratégico por la iniciativa empresarial y la innovación radical en sectores de la economía que hacen un uso intensivo del conocimiento. Estos estudios ponen de relieve las distintas tácticas empleadas por las empresas para tratar de crear organizaciones de aprendizaje que les permitan resolver problemas e innovar de manera constante.

Un examen más concienzudo de la literatura dedicada a las nuevas formas sugiere que los distintos modelos de organizaciones de aprendizaje se pueden clasificar a grandes rasgos en dos tipos ideales polares, la *forma J* y la *adhocracia* (Lam, 2000, 2002). El primero designa una organización dotada para el aprendizaje basado en la explotación que deriva sus capacidades innovadoras del desarrollo de competencias colectivas y rutinas de resolución de problemas propias de la organización. El término *forma J* se emplea porque sus rasgos arquetípicos se ilustran mejor usando como referencia las organizaciones de *tipo japonés*, como el modelo de *forma J* propuesto por Aoki (1988) y las *empresas creadoras*

de conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1995). La *adhocracia* (Mintzberg, 1979), en cambio, confía más en la pericia de distintos especialistas organizados en equipos de proyectos flexibles y basados en el mercado que pueden responder con rapidez a los cambios registrados en los conocimientos y las destrezas e integrar nuevas clases de habilidades para generar productos y procesos radicalmente nuevos. Es idónea para el aprendizaje obtenido a través de la exploración. Aquí, el término de Mintzberg se usa para reflejar el carácter dinámico, emprendedor y adaptativo de la clase de organización que ejemplifican empresas como las de Silicon Valley (Bahrami y Evans, 2000). Tanto la *forma J* como la *adhocracia* son organizaciones de aprendizaje con importantes capacidades innovadoras, pero difieren claramente en sus configuraciones de conocimiento, en sus patrones de aprendizaje y en el tipo de competencias innovadoras engendradas. Estos dos tipos de organizaciones polares se ven favorecidos por distintas características institucionales de los mercados de trabajo y los sistemas de generación de competencias (Lam, 2000; Lam y Lundvall, 2006).

La organización de *forma J* se basa en el conocimiento integrado en las rutinas de funcionamiento, las relaciones de equipo y la filosofía compartida. Factores como una relación de trabajo de larga duración y relativamente estable, y un sistema de formación y capacitación amplio para la mayoría de los empleados favorecen este tipo de organización. En la *forma J*, el aprendizaje y la creación de conocimiento se dan dentro de una *comunidad organizacional* que incorpora las destrezas de los obreros en la resolución de problemas y las combina con unos niveles intensivos de interacción y compartición del conocimiento entre las distintas unidades funcionales. La existencia en la organización de carreras profesionales estables arraigadas en un mercado de trabajo interno proporciona un incentivo que permite a los miembros de la organización comprometerse con los objetivos de esta y desarrollar conocimientos propios de la empresa que

se emplean en la resolución de problemas con el fin de mejorar constantemente los productos y los procesos. El nuevo conocimiento se genera por medio de la fusión, la síntesis y la combinación de la base de conocimiento existente. La forma J suele desarrollar una clara orientación hacia una estrategia de innovación incremental y funciona bien en campos tecnológicos relativamente maduros caracterizados por amplias posibilidades de combinaciones y mejoras incrementales de los componentes y productos ya existentes (por ejemplo, sectores basados en la maquinaria, componentes electrónicos y automóviles). Pero la inclinación de la forma J a cultivar el conocimiento tácito integrado en la organización y su énfasis en la mejora continua de ese conocimiento pueden inhibir la obtención de conocimientos radicalmente nuevos generados por fuentes externas. El decepcionante rendimiento de las firmas japonesas en campos como el *software* y la biotecnología en la década de 1990 puede considerarse una prueba de las dificultades que las empresas de forma J experimentan para acceder a campos tecnológicos nuevos de rápido desarrollo e innovar en ellos (Whitely, 2003).

La adhocracia es una forma de organización adaptativa y orgánica que puede combinar expertos profesionales con una amplia gama de destrezas y conocimientos en equipos de proyectos creados sobre la marcha para resolver problemas complejos que en la mayoría de los casos presentan un alto grado de incertidumbre. En una adhocracia, el aprendizaje y la creación de conocimiento se producen dentro de equipos profesionales integrados a menudo por empleados de distintas organizaciones. Las trayectorias profesionales suelen estructurarse en torno a una serie de proyectos diferenciados en lugar de avanzar por una jerarquía interna de la empresa. El sistema de carreras profesionales basadas en proyectos nace de un mercado de trabajo ocupacional relativamente fluido que permite una rápida reconfiguración de los recursos humanos para dar respuesta a las exigencias cambiantes

del mercado y a las transformaciones tecnológicas. La adhocracia tiene un límite organizacional mucho más permeable que permite importar nuevos conocimientos e ideas desde el exterior. Esto se logra por medio del reclutamiento de nuevos empleados y a través de redes profesionales abiertas que están integradas por los miembros de la organización pero trascienden sus límites. La adhocracia debe su fuerza competitiva a su capacidad para reconfigurar con rapidez la base de conocimiento con el fin de responder a altos niveles de incertidumbre técnica y de crear nuevos conocimientos que produzcan innovaciones originales en los nuevos sectores emergentes. Es una forma de organización con gran capacidad de adaptación que posibilita el aprendizaje dinámico y la innovación radical. Sin embargo, la fluidez de la estructura y la velocidad de los cambios pueden crear problemas en la acumulación de conocimiento, ya que las competencias de la organización están asociadas a la pericia profesional y a los conocimientos de mercado de sus miembros, unos activos que se pueden transferir. La adhocracia está expuesta a la pérdida de conocimientos cuando los individuos abandonan la organización. La supervivencia a largo plazo de esta forma de organización flexible y permeable requiere el respaldo de una infraestructura social estable arraigada en una comunidad ocupacional más amplia o en redes de empresas locales.

Aunque las empresas de los sectores de alta tecnología están sometidas a una fuerte presión para aprender más deprisa y organizarse de un modo más flexible, la evidencia disponible hasta la fecha sugiere que las adhocracias puras son poco comunes. Normalmente, las adhocracias están confinadas a las subunidades organizacionales implicadas en el trabajo creativo (por ejemplo, adhocracias basadas en equipos especiales o *skunk works*) (Quinn, 1992) o a campos de servicios profesionales que hacen un uso intensivo de los conocimientos (despachos de abogados, asesorías especializadas en gestión, diseño de ingeniería de *software*) y en los que el tamaño

de la empresa es casi siempre relativamente pequeño, lo que permite al conjunto de la organización funcionar como una red interdependiente de equipos de proyectos (DeFillippi, 2002). Los intentos por parte de las grandes corporaciones de adoptar el formato de la adhocracia han resultado difíciles de mantener a largo plazo (Foss, 2003). En otros lugares, los ejemplos de adhocracias de mayor éxito se pueden encontrar en comunidades industriales regionales, como las de Silicon Valley, y en otros núcleos de alta tecnología (Saxenian, 1996; Angels, 2000). En ellos, la aglomeración de empresas crea un contexto social estable y un marco cognitivo común que fomenta el aprendizaje colectivo y reduce la incertidumbre asociada con la rapidez que caracteriza a la formación de equipos de proyectos y a los cambios organizativos.

CAMBIO Y ADAPTACIÓN EN LAS ORGANIZACIONES: HACIA LA ORGANIZACIÓN AMBIDEXTRA

¿Pueden las organizaciones cambiar y sobrevivir cuando se producen transformaciones de gran magnitud en el entorno? Y de ser así, ¿cómo logran adaptarse? Hay dos perspectivas generales en la investigación sobre el cambio de las organizaciones. Los teóricos de la ecología organizacional y las instituciones (Hannan y Freeman, 1984; Barnett y Carroll, 1995; DiMaggio y Powell, 1983; Greenwood y Hinings, 1996) hacen hincapié en las poderosas fuerzas de la inercia organizacional y sostienen que las organizaciones rara vez logran introducir cambios radicales en la estrategia y la estructura cuando se producen turbulencias en el entorno. Esta corriente de investigación analiza el modo en que los entornos seleccionan a las organizaciones y estudia cómo este proceso de selección crea cambios en las formas organizacionales a medida que las nuevas incorporaciones a un sector ponen en evidencia a las organizaciones establecidas que no pueden adaptarse con suficiente rapidez. Una posible forma de adaptación de las organizaciones, desde la perspectiva de la selección, es generar nuevos proyectos empresariales (Barnett

y Freeman, 2001; Christensen, 1997). En cambio, las teorías sobre la adaptación y el cambio de tipo estratégico en las organizaciones se centran en el papel de las acciones de gestión y las decisiones estratégicas como factores que conforman los cambios de la organización (Child, 1997; Burgelman, 2002; Teece, 2007). Ven el cambio organizacional como un producto de las decisiones y el aprendizaje de los actores implicados y no como el resultado de un proceso de selección ambiental pasivo. Según Child (1997), la acción organizacional está limitada por las estructuras relacionales, materiales y cognitivas internas y externas, pero al mismo tiempo influye en esas estructuras. Los actores organizacionales, por medio de sus acciones y sus *puestas en práctica* (*enactments*) (Weick, 1979), pueden redefinir y modificar las estructuras de maneras que abren nuevas posibilidades de acción futura. Así, la perspectiva de las elecciones estratégicas proyecta la posibilidad de la creatividad y el cambio innovador dentro de la organización.

Muchos teóricos de la adaptación estratégica ven el cambio organizacional como un proceso continuo en el que intervienen las fuerzas paradójicas de la continuidad y el cambio. La continuidad confiere un sentido de identidad al aprendizaje organizacional (Weick, 1996), proporciona legitimidad política y aumenta la aceptabilidad del cambio entre aquellos que han de vivir con él (Child y Smith, 1987). El estudio de Burgelman (1991, 2002) sobre la corporación Intel ilustra cómo la compañía pasó de ser una empresa especializada en memorias a convertirse con éxito en una firma de microprocesadores mediante una combinación de los elementos gemelos de continuidad y cambio para la renovación estratégica. Burgelman sostiene que las organizaciones a las que suele acompañar el éxito aplican en el diseño de estrategias una combinación de procesos *inducidos* y *autónomos* para provocar la renovación organizacional. El proceso inducido desarrolla iniciativas que se encuadran dentro de la estrategia actual de la organización y amplían el aprendizaje organizacional existente (es decir,

continuidad). El proceso autónomo, por el contrario, corresponde a las iniciativas que surgen fuera de la organización y proporcionan oportunidades para un nuevo aprendizaje organizacional (es decir, cambio). Estos procesos gemelos se consideran vitales para el éxito de la transformación de una organización. En la misma línea, Brown y Eisenhardt (1997) señalan que el cambio organizacional continuo dirigido a lograr una rápida innovación en los productos se está convirtiendo en una capacidad esencial para las empresas que operan en sectores de alta velocidad con ciclos de producción cortos. Basándose en el estudio de algunos casos de innovaciones de varios productos del sector informático, los autores concluyen que el cambio continuo y las innovaciones de productos están sustentados por unas estructuras organizacionales que podrían describirse como *semiestructuras*, con una combinación de características *mecanicistas* y *orgánicas* que equilibran el orden y el caos.

La doble búsqueda de estabilidad y cambio constituye una paradoja fundamental en todas las formas de organización y plantea un importante reto a las firmas que operan en el entorno empresarial actual (Farjoun, 2010). En el pasado, muchos teóricos de la organización sostenían que las estructuras, los procesos y las prácticas que garantizan la estabilidad y la fiabilidad eran en gran medida incompatibles con los necesarios para el cambio y la flexibilidad. La tensión existente entre *explotación* y *exploración* en el aprendizaje y la innovación de las organizaciones es un ejemplo familiar (March, 1991). La explotación amplía el conocimiento existente y encuentra un caldo de cultivo idóneo en el tipo de cohesión organizacional que se da en la forma J, mientras que la exploración requiere la creación de nuevos conocimientos e ideas estimulados por un modo de organización empresarial como la adhocracia (Lam, 2000). La lógica organizativa opuesta que subyace en las dos actividades hace que una combinación eficaz de ambas sea extremadamente difícil, si no imposible, de alcanzar. Sin embargo, en los últimos

años las organizaciones se han visto sometidas a presiones cada vez mayores para desarrollar estructuras y procesos duales que garanticen el rendimiento en un entorno complejo y expuesto a cambios rápidos. La noción de *organización ambidextra* (O'Reilly y Tushman, 2004, 2008; Tushman *et al.*, 2010) sugiere que la clave del éxito a largo plazo de las empresas reside en su capacidad para explotar las competencias existentes sin dejar de explorar las nuevas posibilidades, con el fin de competir tanto en los mercados maduros como en los emergentes. El término *ambidextro* alude a la capacidad de hacer las dos cosas. Según O'Reilly y Tushman (2004, 2008), las organizaciones ambidextras son aquellas que logran mantener su ventaja competitiva gracias a una combinación de modelos en los que conviven dos tendencias de gestión: una en la que se priman la estabilidad y el control para garantizar la eficiencia a corto plazo y otra en la que se asumen riesgos para generar innovación a largo plazo. Las organizaciones que actúan de esta forma desarrollan diversas arquitecturas, competencias y filosofías internamente dispares que por un lado cuentan con las capacidades integradas para la eficiencia, la coherencia y la fiabilidad que se necesitan para explotar el negocio actual y, por otro, dan cabida a la experimentación y la improvisación requeridas para explorar las nuevas oportunidades. Desde una perspectiva estratégica, la organización ambidextra posee una capacidad dinámica que le permite «mantener una buena salud ecológica y, si es necesario, reconfigurar los activos existentes y desarrollar las nuevas destrezas necesarias para responder a las amenazas y las oportunidades emergentes» (O'Reilly y Tushman, 2008: 189).

El concepto de organización ambidextra resulta atractivo. Sin embargo, las condiciones que deben darse para que garantice el éxito a largo plazo y su impacto en el rendimiento innovador aún no se han estudiado. El reto asociado con la gestión de la paradoja aparente de estabilidad y cambio sigue constituyendo una tarea formidable para muchas organizaciones.

CONCLUSIÓN

La innovación es un proceso de aprendizaje, y el aprendizaje es un proceso colectivo que se da en un entorno organizado. En este capítulo se ha examinado la naturaleza y el desarrollo de las organizaciones innovadoras desde tres perspectivas distintas pero interdependientes: 1. la relación existente entre las formas estructurales organizacionales y la capacidad innovadora; 2. la innovación como proceso de aprendizaje y de creación de conocimiento en la organización, y 3. la capacidad de la organización para el cambio y la adaptación. El análisis sugiere que crear organizaciones innovadoras conlleva no solo adaptar las formas estructurales a las oportunidades tecnológicas y de mercado, sino también integrar la capacidad para el aprendizaje y la creación de conocimiento en los procesos de equipo y las relaciones sociales. Hay diferentes tipos de organizaciones innovadoras y de aprendizaje, y sus rasgos dominantes suelen variar con el tiempo y en los distintos contextos institucionales. Sin embargo, una característica fundamental de la innovación es que siempre está integrada por una nueva combinación de ideas, conocimientos, capacidades y recursos. Así que, el que una organización permanezca abierta para absorber los nuevos conocimientos e ideas procedentes de distintas fuentes aumenta las posibilidades de crear nuevas combinaciones y de producir innovaciones más complejas. Un desafío permanente al que se enfrentan todas las organizaciones innovadoras es la concentración de estructuras, procesos y capacidades duales que reconcilien estabilidad y explotación con cambio y exploración para garantizar la viabilidad presente y la adaptabilidad a largo plazo. La noción de *organización ambidextra* se ha popularizado como expresión de la paradoja inherente a gestionar la innovación en el entorno empresarial contemporáneo.

La innovación organizacional es un fenómeno con diversas facetas. La extensa literatura disponible sobre los estudios de la organización ha ampliado nuestra comprensión de los efectos

que la estructura organizacional tiene sobre la capacidad de las organizaciones para aprender, crear conocimiento y generar innovación tecnológica. Sabemos algo menos, sin embargo, sobre el modo en que la dinámica organizacional interna y el aprendizaje de los actores implicados interaccionan con las fuerzas tecnológicas y ambientales para configurar la evolución de las organizaciones. Sigue sin estar claro cómo y en qué condiciones pasan las organizaciones de un arquetipo estructural a otro, y cuál es el papel que la innovación tecnológica desempeña como catalizadora del proceso de cambio organizacional. El grueso de la investigación existente se ha centrado, sobre todo, en el modo en que la tecnología y las fuerzas de mercado condicionan los resultados organizacionales, y trata las organizaciones, fundamentalmente, como vehículos o motores de la innovación, en lugar de analizar el proceso de innovación organizacional propiamente dicho. Suponemos con frecuencia, por ejemplo, que la innovación tecnológica desencadena el cambio organizacional porque transforma el entorno competitivo y obliga a las organizaciones a adaptarse al nuevo conjunto de exigencias. Esta visión determinista pasa por alto la posibilidad de que las diferencias que se dan en las interpretaciones organizacionales de los estímulos externos y en las respuestas a ellos puedan afectar a los resultados del cambio de las organizaciones. Tratar la organización como un sistema de interpretación y aprendizaje (por ejemplo, Daft y Weick, 1994; Greve y Taylor, 2000) nos lleva al importante efecto que la dinámica interna de la organización y la cognición y el comportamiento de los actores implicados tienen en el entorno externo y en los resultados del cambio organizacional. En las investigaciones futuras, sería interesante analizar con más detenimiento la influencia de algunas fuerzas organizacionales endógenas como la capacidad de aprendizaje, los valores, los intereses y la filosofía en los procesos de cambio e innovación que se dan en las organizaciones.

BIBLIOGRAFÍA

- AMABILE, T. M. (1988), «A model of creativity and innovation in organizations», en N. M. Staw y L. L. Cummings (eds.), *Research in Organizational Behaviour*, Greenwich, CT: JAI Press, 10: pp. 123-167.
- ANGELS, D. P. (2000), «High-technology agglomeration and the labour market: the case of Silicon Valley», en K. Martin (ed.) *Understanding Silicon Valley: The Anatomy of an Entrepreneurial Region*, Stanford: Stanford University Press, pp. 125-189.
- AOKI, M. (1988), *Information, Incentives and Bargaining in the Japanese Economy*, Cambridge: Cambridge University Press.
- ARGOTE, L. (1999), *Organizational Learning: Creating, Retaining and Transferring Knowledge*, Norwell, MA: Kluwer Academic.
- ARGYRIS, C., y D. SCHON (1978), *Organizational Learning: A Theory of Action Perspective*, Reading, MA: Addison-Wesley.
- BAHRAMI, H., y S. EVANS (2000), «Flexible recycling and high-technology entrepreneurship», en K. Martin (ed.), *Understanding Silicon Valley: The Anatomy of an Entrepreneurial Region*, Stanford: Stanford University Press, pp. 166-189.
- BARNETT, W. P., y G. R. CAROLL (1995), «Modelling internal organizational change», *Annual Review of Sociology* 21, pp. 217-236.
- BARNETT, W. P., y J. FREEMAN (2001), «Too much of a good thing? Product proliferation and organizational failure», *Organization Science* 12, pp. 539-558.
- BARTEL, C. A., y R. GARUD (2009), «The role of narratives in sustaining organizational innovation», *Organization Science* 20, pp. 107-117.
- BLAU, P. M. (1970), «A formal theory of differentiation in organizations», *American Sociological Review* 35, pp. 201-218.
- BROWN, J. S., y P. DUGUID (1991), «Organizational learning and communities of practice: towards a unified view of working, learning and innovation», *Organization Science* 2, pp. 40-57.
- BROWN, J. S., y P. DUGUID (1998), «Organizing knowledge», *California Management Review* 40, pp. 90-111.
- BROWN, S. L., y K. M. EISENHARDT (1997), «The art of continuous change: Complexity theory and time-paced evolution in relentlessly shifting organizations», *Administrative Science Quarterly* 42, pp. 1-34.
- BURGLEMAN, R. A. (1991), «Intraorganizational ecology of strategy making and organizational adaptation: theory and research», *Organization Science* 2, pp. 239-262.
- BURGLEMAN, R. A. (2002), «Strategy as vector and the inertia of coevolutionary lock-in», *Administrative Science Quarterly* 47, pp. 325-357.
- BURNS, T., y G. M. STALKER (1961), *The Management of Innovation*, Londres: Tavistock.
- CHANDLER, A. D. (1962), *Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- CHILD, J. (1972), «Organizational structure, environment and performance - the role of strategic choice», *Sociology* 6, pp. 1-22.
- CHILD, J. (1997), «Strategic choice in the analysis of action, structure, organizations and environment: Retrospect and prospect», *Organization Studies* 18, pp. 43-76.
- CHILD, J., y C. SMITH (1987), «The context and process of organizational transformation - Cadbury limited in its sector», *Journal of Management Studies* 24, pp. 565-593.
- CHRISTENSEN, C. M. (1997), *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- COHEN, W. M., y D. A. LEVINTHAL (1990), «Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation», *Administrative Science Quarterly* 35, pp. 123-138.
- DAFT, R. L., y K. E. WEICK (1984), «Toward a model of organizations as interpretation systems», *The Academy of Management Review* 9, pp. 284-295.
- DEFILLIPPI, R. (2002), «Organization models for collaboration in the new economy», *Human Resource Planning* 25, pp. 7-19.
- DEFILLIPPI, R. J., y M. B. ARTHUR (1996), «Boundaryless contexts and careers: a competency-based perspective», en M. B. Arthur y D. M. Rousseau (eds.), *The Boundaryless Career: A New Employment Principle for a New Organizational Era*, Nueva York: Oxford University Press, pp. 116-131.
- DIMAGGIO, P. J., y W. W. POWELL (1983), «The iron cage revisited: Institutional isomorphism and collective rationality in organizational fields», *American Sociological Review* 48, pp. 147-160.
- DOSI, G. (1988), «Sources, procedures, and microeconomic effects of innovation», *Journal of Economic Literature* 26, pp. 1120-1171.
- FARJOUN, M. (2010), «Beyond dualism: Stability and change as a duality», *Academy of Management Review* 35, pp. 202-225.
- FOSS, N. J. (2003), «Selective intervention and internal hybrids: interpreting and learning from the rise and decline of the Oticon spaghetti organization», *Organization Science* 14, pp. 331-349.
- GALUNIC, D. C., y K. M. EISENHARDT (2001), «Architectural innovation and modular corporate forms», *Academy of Management Journal* 44, pp. 1229-1249.
- GLYNN, M. A. (1996), «Innovative genius: A framework for relating individual and organizational intelligence to innovation», *Academy of Management Review* 21, pp. 1081-1111.
- GRANT, R. M. (1996), «Toward a knowledge-based theory of the firm», *Strategic Management Journal* 17, pp. 109-122.
- GREENWOOD, R., y C. R. HININGS (1996), «Understanding radical organizational change: bringing together the old and new institutionalism», *Academy of Management Review* 21, pp. 1022-1054.
- GREVE, H. R., y A. TAYLOR (2000), «Innovations as catalysts for organizational change: shifts in organizational cognition and change», *Administrative Science Quarterly* 45, pp. 54-80.
- HANNAN, M. T., y J. H. FREEMAN (1984), «Structural inertia and organizational change», *American Sociological Review* 49, pp. 149-164.
- HEDLUND, G. (1994), «A model of knowledge management and the n-form corporation», *Strategic Management Journal* 15, pp. 73-90.
- KANTER, R. M. (1983), *The Change Masters*, Nueva York: Simon & Schuster.
- KOGUT, B., y U. ZANDER (1992), «Knowledge of the firm, combinative capabilities, and the replication of technology», *Organization Science* 3, pp. 383-397.
- LAM, A. (2000), «Tacit knowledge, organizational learning, societal institutions: an integrated framework», *Organization Studies* 21, pp. 487-513.
- LAM, A. (2002), «Alternative societal models of learning and innovation in the knowledge economy», *International Social Science Journal* 17, pp. 67-82.
- LAM, A. (2007), «Knowledge networks and careers: Academic scientists in industry-university links», *Journal of Management Studies* 44, pp. 993-1016.
- LAM, A., y B.-Å. LUNDEVALL (2006), «The learning organization and national systems of competence building and innovation», en E. Lorenz, y B.-Å. Lundvall (eds.), *How Europe's Economies Learn: Coordinating Competing Models*, Oxford: Oxford University Press, pp. 109-139.
- LAVE, J., y E. WENGER (1991), *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*, Nueva York: Cambridge University Press.
- LAWRENCE, P. R., y J. W. LORSCH (1967), «Differentiation and integration in complex organizations», *Administrative Science Quarterly* 12, pp. 1-47.
- LAZONICK, W. (2004), «The innovative firm», en J. Fagerberg, D. Mowery y R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press, pp. 29-55.
- LAZONICK, W. (2010), «The Chandlerian corporation and the theory of innovative enterprise», *Industrial and Corporate Change* 19, pp. 317-349.
- LEONARD-BARTON, D. (1992), «Core capabilities and core rigidities: a paradox in managing new product development», *Strategic Management Journal* 13, pp. 111-125.
- LEVINTHAL, D. A., y J. G. MARCH (1993), «The myopia of learning», *Strategic Management Journal* 14, pp. 95-112.
- LEWIN, A. Y., y H. W. VOLBERDA (1999), «Prolegomena on coevolution: a framework for research on strategy and new organizational forms», *Organization Science* 10, pp. 519-534.
- LUNDEVALL, B.-Å. (ed.) (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Londres: Pinter.

- MARCH, J. G. (1991), «Exploration and exploitation in organizational learning», *Organization Science* 2, pp. 71-87.
- MEZIAS, S. J., y M. A. GLYNN (1993), «The Three Faces of Corporate Renewal: Institution, Revolution, and Evolution», *Strategic Management Journal* 14, pp. 77-101.
- MILES, R. E., C. C. SNOW, J. A. MATHEWS, G. MILES y H. J. COLEMAN Jr. (1997), «Organizing in the knowledge age: anticipating the cellular form», *Academy of Management Executive* 11(4), pp. 7-20.
- MINTZBERG, H. (1979), *The Structuring of Organization*. Englewood Cliffs, Nueva Jersey: Prentice Hall.
- NELSON, R. R. y S. G. WINTER (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- NONAKA, I. (1994), «A dynamic theory of organizational knowledge creation», *Organization Science* 5, pp. 14-37.
- NONAKA, I. y H. TAKEUCHI (1995), *The Knowledge Creating Company*, Nueva York: Oxford University Press.
- NONAKA, I., y G. VON KROGH (2009), «Perspective – Tacit knowledge and knowledge conversion: Controversy and advancement in organizational knowledge creation theory», *Organization Science* 20, pp. 635-652.
- O'REILLY, C. A., y M. L. TUSHMAN (2004), «The ambidextrous organization», *Harvard Business Review*, abril, pp. 74-81.
- O'REILLY, C. A., y M. L. TUSHMAN (2008), «Ambidexterity as a dynamic capability: Resolving the innovator's dilemmas», *Research in Organizational Behavior* 28, pp. 185-206.
- PAVITT, K. (1991), «Key characteristics of the large innovating firm», *British Journal of Management* 2, pp. 41-50.
- PERROW, C. (1970), *Organizational Analysis*, Londres: Tavistock.
- POLANYI, M. (1966), *The tacit dimension*, Nueva York: Anchor Day Books.
- POWELL, W. W. (1998), «Learning from collaboration: knowledge and networks in the biotechnology and pharmaceutical industries», *California Management Review* 40, pp. 228-240.
- PRAHALAD, C. K., y G. HAMEL (1990), «The core competence of the corporation», *Harvard Business Review*, mayo/junio, pp. 79-91.
- QUINN, J. B. (1992), *Intelligent Enterprise: A Knowledge and Service Based Paradigm for industry*, Nueva York: The Free Press.
- SAXENIAN, A. (1996), «Beyond boundaries: open labour markets and learning in the Silicon Valley», en M. B. Arthur y D. M. Rousseau (eds.) *The Boundaryless Career: A New Employment Principle for a New Organizational Era*, Nueva York: Oxford University Press, pp. 23-39.
- SCHUMPETER, J. (1950), «The process of creative destruction», en J. Schumpeter (ed.), *Capitalism, Socialism and Democracy*, 3.ª ed., Londres: Allen and Unwin.
- SENGE, P. (1990), *The Fifth Discipline: the Art and Practice of the Learning Organization*, Nueva York: Doubleday.
- SIMON, H. A. (1991), «Bounded rationality and organizational learning», *Organization Science* 2, pp. 125-134.
- TEECE, D., G. PISANO, y A. SHUEN (1997), «Dynamic capabilities and strategic management», *Strategic Management Journal* 18, pp. 509-533.
- TEECE, D. (2007), «Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance», *Strategic Management Journal* 28, pp. 1319-1350.
- TIDD, J., J. BESSANT y K. PAVITT (1997), *Managing Innovation*, Chichester: John Wiley&Sons.
- TUSHMAN, M. L., W. K. SMITH y R. C. WOOD *et al.* (2010), «Organizational designs and innovation streams», *Industrial and Corporate Change*. Identificador de objeto digital (doi): 10.1093/icc/dtq040.
- VAN DE VEN, A., D. POLLEY, S. GARUD y S. VENKATARAMAN (1999), *The Innovation Journey*, Nueva York: Oxford University Press.
- VON HIPPEL, E. (1988), *The Sources of Innovation*, Nueva York: Oxford University Press.
- WALSH, J. P., y G. R. UNGSON (1991), «Organizational memory», *Academy of Management Review* 16, pp. 57-91.
- WEBER, M. (1947), *The Theory of Social and Economic Organization*, Glencoe, IL: The Free Press.
- WEICK, K. E. (1979), *The Social Psychology of Organizing*, 2.ª ed., Reading, MA: Addison-Wesley.
- WEICK, K. E. (1995), *Sensemaking in Organizations*, Thousand Oaks, CA: Sage.
- WEICK, K. E. (1996), «The role of renewal in organizational learning», *International Journal of Technology Management* 11, pp. 738-746.
- WENGER, E. (1998), *Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity*, Nueva York: Cambridge University Press.
- WHITLEY, R. (2000), «The institutional structuring of innovation strategies: business systems, firm types and patterns of technical change in different market economies», *Organization Studies* 21, pp. 855-886.
- WHITLEY, R. (2003), «The institutional structuring of organizational capabilities: the role of authority sharing and organizational careers», *Organization Studies* 24, pp. 667-695.
- WOMACK, J. P., D. T. JONES y D. ROOS (1990), *The Machine that Changed the World*, Nueva York: Rawson Associates.
- WOODMAN, R. W., J. E. SAWYER y R. W. GRIFFIN (1993), «Toward a theory of organizational creativity», *Academy of Management Review* 18, pp. 293-321.
- WOODWARD, J. (1965), *Industrial Organization, Theory and Practice*, Londres: Oxford University Press.

BBVA

Innovación impulsada por los usuarios

Eric von Hippel
Massachusetts Institute
of Technology (MIT)

Desde que Schumpeter (1934) promulgó su teoría sobre el desarrollo económico, los economistas, los responsables del desarrollo de políticas y los directivos de las empresas han aceptado el hecho de que el modo dominante de innovación es un *modelo de productores*. Es decir, se ha aceptado que las innovaciones más importantes tienen su origen en los productores y se suministran a los consumidores a través de la venta de artículos.

Esta visión resultaba razonable en apariencia: generalmente, los productores prestan servicios a numerosos usuarios y pueden beneficiarse de este modo de las múltiples copias de un único diseño innovador. Los usuarios, en cambio, dependen de los beneficios derivados del uso interno de una innovación para recuperar sus inversiones. Es de suponer, por tanto, que un productor que presta servicios a muchos clientes pueda permitirse invertir más en innovación que un usuario particular. De esto se desprende por lógica que los diseños desarrollados por los productores deberían prevalecer sobre los diseños desarrollados por los usuarios en la mayoría de los ámbitos de la economía.

Sin embargo, el modelo de productores es solo uno de los modos posibles de innovación. Un segundo modelo de creciente importancia es la *innovación impulsada por el usuario*. En este

segundo modelo, las innovaciones importantes desde el punto de vista económico son desarrolladas por usuarios particulares (consumidores) y también por empresas usuarias. En algunos casos, las innovaciones desarrolladas por los usuarios son el resultado del trabajo en colaboración de un conjunto de individuos.

La innovación impulsada por los usuarios es una práctica que compite con la innovación debida a los productores en numerosos ámbitos de la economía y que, como se expone en este artículo, puede llegar a desplazarla. Un conjunto creciente de estudios empíricos muestra claramente que los usuarios son los primeros en desarrollar muchos —tal vez la mayoría— de los nuevos productos industriales y de consumo. Además, la importancia del desarrollo de productos y servicios por parte de los usuarios va en aumento. Este cambio se ve impulsado por dos tendencias técnicas relacionadas entre sí: 1. la mejora constante de las *prestaciones de diseño* (conjuntos de herramientas de innovación) que los avances en el *hardware* y el *software* informáticos hacen posible para los usuarios y 2. la mejora constante de la capacidad de los usuarios particulares para *combinar y coordinar* sus iniciativas de innovación a través de nuevos medios de comunicación como Internet.

La transferencia progresiva de la innovación a los usuarios tiene algunas cualidades muy atractivas. Cada vez resulta más fácil para un gran número de usuarios obtener exactamente lo que desean diseñándolo ellos mismos. La innovación impulsada por los usuarios proporciona además un complemento y una materia prima muy necesarios para la innovación de los productores. Y parece incrementar el bienestar social. A la vez, la transferencia progresiva de las actividades de desarrollo de productos de los productores a los usuarios resulta problemática y compleja para muchos productores. La innovación de los usuarios está *atacando* una estructura esencial de la división social del trabajo. Para adaptarse, numerosas compañías e industrias se ven obligadas a introducir cambios fundamentales en los modelos empresariales tradicionales. Por otra parte, las políticas gubernamentales y la legislación respaldan, en algunos casos de forma preferente, la innovación impulsada por los productores. Diversas consideraciones relacionadas con el bienestar social sugieren que esto debe cambiar. Especial atención merece en este sentido el funcionamiento del sistema de propiedad intelectual. Pero todo apunta a que, a pesar de las dificultades, las ventajas de un sistema de innovación centrado en el usuario justifican sobradamente el esfuerzo realizado.

Hoy en día, numerosos investigadores especializados en el campo de los procesos de innovación trabajan para ampliar nuestra comprensión de los procesos de innovación impulsados por el usuario. En el presente artículo se ofrece un resumen de algunos hallazgos colectivos realizados hasta la fecha sobre esta importante cuestión.

IMPORTANCIA DE LA INNOVACIÓN IMPULSADA POR LOS USUARIOS

Los usuarios, según se emplea el término en el contexto de este documento, son empresas o consumidores particulares que esperan beneficiarse del *uso* de un producto o de un servicio. Los productores, en cambio, esperan

beneficiarse de la *venta* de un producto o de un servicio. Una empresa o un individuo pueden tener distintas relaciones con diferentes productos o innovaciones. Por ejemplo, Boeing es un productor de aviones, pero también es un usuario de maquinaria. Si nos centramos en las innovaciones desarrolladas por Boeing para los aviones que vende, Boeing será un productor-innovador. Pero si consideramos las innovaciones de la maquinaria de conformado de metales desarrolladas por Boeing para su propio uso interno en la construcción de aviones, se clasificarán como innovaciones desarrolladas por el usuario, y en esos casos Boeing será un usuario-innovador.

Los roles de usuario de la innovación y de productor de la innovación representan las dos relaciones *funcionales* generales que se pueden establecer entre el innovador y la innovación. Los usuarios tienen la característica única de que solo ellos se benefician *directamente* de las innovaciones. Los demás (agrupados aquí bajo el término *productores*) deben vender productos o servicios relacionados con la innovación a los usuarios, directa o indirectamente, a fin de beneficiarse de ella. Así, para obtener beneficios, los inventores deben vender —o suministrar bajo licencia— los conocimientos relacionados con las innovaciones, y los productores deben vender productos o servicios que incorporen las innovaciones. Asimismo, los proveedores de los materiales o servicios relacionados con las innovaciones, a menos que puedan hacer un uso directo de estas, deben vender esos materiales o servicios para beneficiarse de ellas.

La división de las relaciones entre innovador e innovación en usuario y productor se puede extender a funciones, prestaciones o atributos concretos de los productos y los servicios. Al hacerlo, ocurre a veces que los distintos roles están asociados a diferentes atributos de un producto o de un servicio. Por ejemplo, el atributo de conmutación de un interruptor de luz eléctrica para el hogar va dirigido a los usuarios domésticos, que lo emplean para encender y apagar las luces. Sin embargo, los interruptores tienen además otros

“La transferencia progresiva de la innovación a los usuarios tiene algunas cualidades muy atractivas. Cada vez resulta más fácil para un gran número de usuarios obtener exactamente lo que desean diseñándolo ellos mismos. La innovación impulsada por los usuarios proporciona además un complemento y una materia prima muy necesarios para la innovación de los productores”

atributos, como los sistemas de *cableado sencillo*, destinados al uso exclusivo de los electricistas que los instalan. Por tanto, si un electricista ideara una mejora para los atributos de instalación de un interruptor, se consideraría una innovación desarrollada por un usuario.

Tanto las observaciones cualitativas como la investigación cuantitativa realizadas en diversos campos documentan con claridad la importancia del papel desempeñado por los usuarios como primeros desarrolladores de productos y servicios vendidos posteriormente por las empresas de fabricación. Adam Smith (1776) fue un observador temprano del fenómeno y señaló la importancia de «la invención de un gran número de máquinas, que facilitan y abrevian el trabajo,

capacitando a un hombre para hacer la labor de muchos». Smith añadió que «una gran parte de las máquinas empleadas en esas manufacturas, en las cuales se halla muy subdividido el trabajo, fueron al principio invento de artesanos comunes, pues hallándose ocupado cada uno de ellos en una operación sencilla, toda su imaginación se concentraba en la búsqueda de métodos rápidos y fáciles para ejecutarla». Rosenberg (1976) exploró la cuestión centrándose en las *empresas usuarias* y no en los trabajadores individuales. Estudió la historia de la industria de maquinaria de Estados Unidos y descubrió que algunos tipos de máquinas básicas e importantes, como los tornos y las fresadoras, fueron desarrollados y construidos inicialmente por empresas usuarias que tenían una gran necesidad de ellos. Las compañías de fabricación textil, los fabricantes de armas y los de máquinas de coser fueron importantes usuarios-desarrolladores de maquinaria en aquella primera etapa.

Los estudios cuantitativos sobre la innovación impulsada por los usuarios documentan que muchos de los productos más importantes y novedosos de una amplia gama de campos han sido desarrollados por empresas usuarias y usuarios particulares. En este sentido, Enos (1962) señaló que casi todas las innovaciones de peso introducidas en el refinado de petróleo fueron desarrolladas por empresas usuarias. Freeman (1968) descubrió que los procesos de producción química con más cesiones de licencias fueron desarrollados, también, por empresas usuarias. Von Hippel (1988) constató que los usuarios eran los desarrolladores de aproximadamente el 80% de las innovaciones más importantes realizadas en el instrumental científico y también de la mayoría de las grandes innovaciones introducidas en la fabricación de semiconductores. Pavitt (1984) determinó que una fracción considerable de las invenciones de las empresas británicas estaban destinadas al uso interno en las propias empresas. Shah (2000) descubrió que las innovaciones en equipamiento más importantes desde el punto de vista comercial registradas en cuatro

campos deportivos habían sido desarrolladas, en su mayor parte, por usuarios particulares.

Los estudios empíricos muestran también que *muchos* usuarios —del 10% a casi el 40%— participan en el desarrollo o la modificación de productos. Este hecho se ha documentado en el caso de algunos tipos concretos de productos industriales

y de consumo, así como en grandes estudios multisectoriales de innovación de procesos efectuados en Canadá y los Países Bajos (cuadro 1). Si se consideran de forma conjunta, los hallazgos evidencian que los usuarios están asumiendo *una parte importante* del desarrollo y la modificación de productos en numerosos campos.

Cuadro 1. Estudios sobre la frecuencia de la innovación impulsada por los usuarios

Área de innovación	Número y tipo de los usuarios muestreados	Porcentaje que desarrolla y construye los productos para uso propio
Productos industriales		
1. Software de CAD (<i>Computer Aided Design</i> , Diseño Asistido por Ordenador) para circuitos impresos (a)	136 miembros de empresas usuarias participantes en un congreso dedicado al CAD para PC	24,3%
2. Soportes colgantes para tuberías (b)	Empleados de 74 compañías de instalación de soportes colgantes para tuberías	36%
3. Sistemas de información para bibliotecas (c)	Empleados de 102 bibliotecas australianas que usan sistemas de información computerizados OPAC (<i>Online Public Access Catalog</i> , Catálogo de Acceso Público en Línea) para bibliotecas	26%
4. Equipos de cirugía médica (d)	261 cirujanos que trabajan en centros médicos universitarios de Alemania	22%
5. Funciones de seguridad del <i>software</i> de servidor del sistema operativo Apache (e)	131 usuarios técnicos avanzados de Apache (<i>webmasters</i>)	19,1%
Productos de consumo		
6. Productos de consumo para el aire libre (f)	153 destinatarios de catálogos de venta por correo de productos para actividades al aire libre	9,8%
7. Equipamiento para deportes extremos (g)	197 miembros de 4 clubes deportivos especializados en 4 deportes extremos	37,8%
8. Equipamiento para ciclismo de montaña (h)	291 ciclistas de montaña de una región geográfica conocida por su intensa actividad innovadora	19,2%
Encuestas multisectoriales de innovación de procesos		
26 tecnologías avanzadas de fabricación (i)	Plantas de fabricación canadienses de nueve sectores de fabricación (salvo el de procesamiento de alimentos) de Canadá, 1998 (las estimaciones de población se basan en una muestra de 4.200 individuos)	Desarrollo: 28% Modificación: 26%
39 tecnologías avanzadas de fabricación (j)	16.590 establecimientos de fabricación canadienses que cumplen dos criterios: tener unos ingresos mínimos de 250.000 dólares y contar al menos con 20 empleados	Desarrollo: 22% Modificación: 21%
Cualquier tipo de innovación o modificación de procesos (k)	Muestra intersectorial representativa integrada por 498 pymes de alta tecnología de los Países Bajos	Solo desarrollo: 41% Solo modificación: 34% Desarrollo y modificación: 54%

Fuentes: a. Urban y Von Hippel (1988); b. Herstatt y Von Hippel (1992); c. Morrison *et al.* (2000); d. Lüthje (2003); e. Franke y Von Hippel (2003); f. Lüthje (2004); g. Franke y Shah (2003); h. Lüthje *et al.* (2002); i. Arundel y Sonntag (1999); j. Gault y Von Hippel (2009); k. De Jong y Von Hippel (2009).

Los estudios sobre usuarios innovadores (individuos y empresas) indican que tienen las características de los *usuarios líderes* (Urban y Von Hippel, 1988; Herstatt y Von Hippel, 1992; Olson y Bakke, 2001; Lilien *et al.*, 2002). Es decir, que van por delante de la mayoría de los usuarios de sus poblaciones con respecto a una tendencia de mercado importante y esperan obtener unos beneficios relativamente altos de una solución para las necesidades que han detectado en ese entorno. Las correlaciones encontradas entre la innovación impulsada por los usuarios y el estatus de usuario líder son muy significativas, y sus efectos tienen un gran alcance (Franke y Shah, 2003; Lüthje *et al.*, 2002; Morrison *et al.*, 2000).

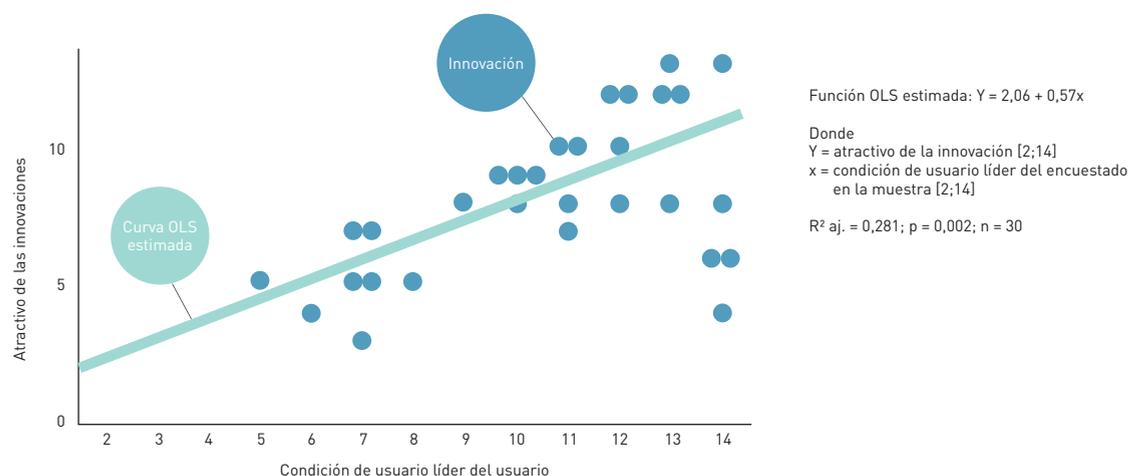
Dado que los usuarios líderes son una avanzada con respecto a importantes tendencias de mercado, podemos suponer que muchos de los nuevos productos que desarrollan para su propio uso también resultarán atractivos para otros usuarios y constituirán una buena base para productos que los productores podrían desear comercializar. Y así es. Diversos estudios demuestran que los productores consideran comercialmente atractivas o han comercializado muchas de las innovaciones presentadas por los usuarios líderes.

La investigación proporciona una base firme para estos hallazgos empíricos. Se ha descubierto que existe una alta correlación entre las dos características que definen a los usuarios líderes y la probabilidad de que desarrollen productos nuevos o modificados (Morrison *et al.*, 2004). Además, se ha comprobado que cuanto más acusadas son las características de usuario líder de un innovador, mayor es el atractivo comercial de la innovación desarrollada por él (Franke y Von Hippel 2003a). En el gráfico 1, la mayor concentración de innovaciones hacia la derecha indica que la probabilidad de innovar es superior cuando los usuarios tienen valores más altos en el índice de usuarios líderes. El incremento en el atractivo medio de la innovación a medida que se avanza de izquierda a derecha indica que las innovaciones desarrolladas por los usuarios líderes tienen normalmente un mayor atractivo comercial, definido como la suma de la novedad aportada por la innovación y la magnitud de la demanda de mercado esperada en el futuro.

POR QUÉ MUCHOS USUARIOS DESEAN PRODUCTOS PERSONALIZADOS

¿Por qué hay tantos usuarios que desarrollan o modifican productos para su propio uso? En el

Gráfico 1. Los usuarios-innovadores con características de *usuario líder* más acusadas desarrollan innovaciones con un mayor atractivo para el mercado general



Fuente: Franke y von Hippel, 2003.

caso de que deseen algo que no está disponible en el mercado, los usuarios tienen la posibilidad de innovar si pueden permitirse pagar por su desarrollo y están dispuestos a hacerlo. Es frecuente que muchos usuarios no encuentren lo que desean en el mercado. Un metaanálisis de los estudios de segmentación del mercado sugiere que las necesidades de productos de los usuarios son enormemente heterogéneas en muchos campos (Franke y Reisinger, 2003).

Los productores en serie suelen seguir la estrategia de desarrollar productos diseñados para responder a las necesidades de un gran segmento de mercado de una forma lo suficientemente satisfactoria para fomentar las compras y obtener beneficios importantes procedentes de un número alto de clientes. Cuando las necesidades de los usuarios son heterogéneas, esta estrategia de «unas cuantas tallas para todos» dejará a muchos usuarios algo insatisfechos con los productos comerciales disponibles, y puede que muy insatisfechos a algunos de ellos. En el estudio de una muestra de usuarios que trabajan con las funciones de seguridad del *software* de servidor *web* Apache, Franke y Von Hippel (2003b) descubrieron que los usuarios tenían necesidades muy heterogéneas y que muchos estaban plenamente dispuestos a pagar para obtener exactamente lo que deseaban. De hecho, un 19% de los usuarios de la muestra innovaron para lograr que Apache se adaptara mejor a sus necesidades. Se constató que los que lo hicieron estaban considerablemente más satisfechos.

DECISIONES DE INNOVACIÓN O COMPRA POR PARTE DE LOS USUARIOS

Una vez aceptado el hecho de que muchos usuarios desean *productos perfectos* y pueden y quieren pagar por su desarrollo, falta comprender por qué en bastantes casos se encargan de esto ellos mismos en lugar de contratar a un productor personalizado para que desarrolle un producto especial idóneo para ellos. Después de todo, los productores personalizados se especializan en el desarrollo de productos

“Los productores en serie suelen seguir la estrategia de desarrollar productos diseñados para responder a las necesidades de un gran segmento de mercado de una forma lo suficientemente satisfactoria para fomentar las compras y obtener beneficios importantes procedentes de un número alto de clientes”

para uno o varios usuarios. Puesto que estas empresas están especializadas, cabe pensar que pueden diseñar y construir productos personalizados para usuarios o empresas usuarias de una forma más rápida, eficiente o barata que los propios usuarios. A pesar de esta posibilidad, existen diversos factores que pueden impulsar a los usuarios a innovar en lugar de comprar. Tanto en el caso de las empresas usuarias como en el de los usuarios-innovadores particulares, los costes de agencia desempeñan un papel crucial. Para los usuarios-innovadores individuales, disfrutar del proceso de innovación también puede ser importante.

Con respecto a los costes de agencia, resulta evidente que cuando un usuario desarrolla su propio producto personalizado va a velar, en la medida de lo posible, por sus intereses. Si un usuario contrata a un productor para que desarrolle un producto personalizado, la situación es más compleja. En ese caso, el usuario pasa a ser un jefe que ha contratado al productor

personalizado para que actúe como agente. Si los intereses del jefe y del agente no coinciden, se generan costes de agencia. En términos globales, los costes de agencia son: 1. los costes derivados de supervisar al agente para garantizar que va a velar por los intereses del jefe; 2. el coste que el agente impone para comprometerse a no actuar contra los intereses del jefe (los *costes de fianza*), y 3. los costes asociados con un resultado que no responda por completo a los intereses del jefe (Jensen y Meckling, 1976). En el contexto específico del desarrollo de productos y servicios, existe una divergencia de intereses esencial entre el usuario y el productor personalizado: el usuario desea obtener exactamente lo que necesita en la medida en que pueda permitirse. Por el contrario, el productor personalizado desea reducir sus costes de desarrollo mediante la incorporación de componentes de la solución de los que ya dispone o que, según sus predicciones, otros pueden desear en el futuro, aunque eso implique no responder del todo a las necesidades de su cliente actual.

Un usuario desea mantener sus especificaciones porque se han elegido para hacer que la calidad global de su solución sea la máxima posible para el precio deseado. Por ejemplo, un usuario particular puede definir las especificaciones de una bota de alpinismo que se ajuste con precisión a su técnica personal de escalada y le permita subir al Everest con más facilidad. Cualquier desviación en el diseño de la bota requerirá modificaciones en la técnica de escalada del deportista, que sin duda llevará años practicándola y estará totalmente habituado a ella. Esta solución, evidentemente, es mucho más costosa desde el punto de vista del usuario. Un productor de botas personalizado, en cambio, estará muy motivado para incorporar materiales y procesos de los que ya dispone y que espera usar en el futuro, aunque de este modo produzca una bota que no sea del todo idónea para su cliente actual. El productor, por ejemplo, no querrá aprender un nuevo método para unir los componentes de la bota aunque de ese modo

pueda producir el mejor resultado personalizado para un cliente. El efecto neto es que cuando uno o varios usuarios desean algo especial, en la mayoría de los casos obtendrán el mejor resultado si innovan ellos mismos.

Un modelo de la decisión de innovar o comprar (Von Hippel, 2005) muestra de manera cuantitativa que las empresas usuarias con necesidades únicas (en otras palabras, un mercado constituido por un individuo) siempre salen mejor paradas si desarrollan por sí solas los nuevos productos. También indica que el desarrollo realizado por los productores puede ser la opción más económica cuando n o más empresas usuarias desean lo mismo. Sin embargo, cuando el número de empresas usuarias que desean lo mismo está comprendido entre 1 y n , es posible que no sea rentable para los productores desarrollar un nuevo producto destinado solamente a unos cuantos usuarios. En ese caso, puede ocurrir que más de un usuario invierta por separado en el desarrollo del mismo artículo a causa de este fallo de mercado. Como resultado, se desperdician recursos desde el punto de vista del bienestar social. El problema se puede solucionar con nuevas formas institucionales, como las comunidades de innovación de usuarios que se mencionarán más adelante.

Es importante señalar la existencia de otro incentivo adicional que puede mover a los usuarios-innovadores particulares a innovar en lugar de comprar: la posibilidad de que valoren el *proceso* de innovación por el placer o el aprendizaje que les proporciona. Puede resultar extraño que los usuarios-innovadores lleguen a disfrutar del desarrollo de productos hasta el punto de querer llevarlo a cabo ellos mismos: después de todo, los productores pagan a sus desarrolladores de productos para que hagan ese trabajo. Por otra parte, también está claro que ese placer de resolver problemas es una motivación para muchos *solucionadores* de problemas, al menos en algunos ámbitos. Consideremos, por ejemplo, los millones de aficionados a los crucigramas. Evidentemente, para estas personas el objetivo

es el placer que obtienen del proceso de resolver el problema, y no la solución en sí misma. Basta una prueba sencilla para demostrar esta idea: intentemos ofrecer a un aficionado a resolver estos pasatiempos un crucigrama completado, el mismo resultado que con tanto esfuerzo trata de obtener. Muy probablemente declinará nuestra oferta y nos ganaremos una reprimenda por arruinarle la diversión. El placer como motivación también se puede aplicar al desarrollo de innovaciones que son útiles desde el punto de vista comercial. Los estudios de las motivaciones de las distintas personas que aportan código a algunos productos de *software* de uso general han demostrado que también para estos individuos el placer y las enseñanzas que extraen de innovar suponen una motivación importante (Hertel *et al.*, 2003; Lakhani y Wolf, 2005).

NICHOS DE INNOVACIÓN DE BAJO COSTE DE LOS USUARIOS

Una exploración de los procesos básicos del desarrollo de productos y servicios muestra que los usuarios y los productores tienden a desarrollar distintos *tipos* de innovaciones. Esto se debe en parte a las asimetrías de la información: normalmente, los usuarios y los productores poseen conocimientos diferentes. Los desarrolladores de productos deben contar con dos tipos de información para tener éxito en su trabajo: información sobre la necesidad y el contexto de uso (generada por los usuarios) e información genérica sobre la solución (en la mayoría de los casos proporcionada inicialmente por los productores especializados en un tipo concreto de solución). Aunar estos dos tipos de información no resulta fácil. Tanto la información sobre la necesidad como la información sobre la solución suelen ser muy *adherentes*, difíciles de transferir desde el lugar en el que se han generado a otros emplazamientos (Von Hippel, 1994). Es importante señalar que la observación de que la información suele ser adherente contraviene una tendencia central de la formulación de teorías económicas. Buena parte de la investigación

relativa al carácter especial de los mercados de la información y a la dificultad de derivar beneficios de la invención y la innovación se ha basado en la idea de que la información se puede transferir a un coste muy bajo. Así, Arrow observa que «el coste de transmitir un conjunto de información dado es normalmente muy bajo [...]. En ausencia de protecciones legales especiales, el propietario no puede, sin embargo, vender simplemente la información en el mercado libre. Basta un comprador para destruir el monopolio, ya que puede reproducir la información a un coste muy bajo o nulo» (1962: 614-615).

Cuando la información es adherente, los innovadores suelen recurrir fundamentalmente a la información de la que ya disponen. Una consecuencia de la asimetría típica resultante entre los usuarios y los productores es que los usuarios suelen desarrollar innovaciones que son novedosas desde el punto de vista funcional, lo que requiere una gran cantidad de información sobre la necesidad del usuario y el contexto de uso. En cambio, los productores desarrollan sobre todo innovaciones que son mejoras de las soluciones existentes para necesidades conocidas y que para su desarrollo exigen un profundo conocimiento de la información sobre la solución. Del mismo modo, los usuarios suelen disponer de una información superior a la que tienen los productores sobre los modos de mejorar las actividades relacionadas con el uso, como el mantenimiento: «aprenden con el uso» (Rosenberg, 1982).

Este efecto de la adherencia de la información es cuantitativamente visible en los estudios sobre innovación. Riggs y Von Hippel (1994) analizaron los tipos de innovaciones realizadas por usuarios y productores que mejoraron el funcionamiento de dos grandes grupos de instrumentos científicos. Descubrieron que la probabilidad de desarrollar innovaciones que permitan que los instrumentos realicen tipos de cosas cualitativamente nuevos por primera vez es mucho más alta para los usuarios que para los productores. Por el contrario, los productores suelen

desarrollar innovaciones que permiten a los usuarios hacer lo mismo que ya hacían pero de una forma más cómoda o fiable (cuadro 2). Por ejemplo, los usuarios fueron los primeros en modificar los instrumentos para permitir la captación de imágenes y el análisis de los dominios magnéticos a escala submicroscópica. En cambio, los productores fueron los primeros en informatizar los ajustes de los instrumentos para mejorar su facilidad de uso. Las mejoras de la sensibilidad, la resolución y la precisión se ubican en un punto intermedio, como muestran los datos. Estos tipos de mejoras pueden ser impulsados por los usuarios que desean hacer algo nuevo o por los productores que aplican sus conocimientos técnicos para mejorar los productos con respecto a ciertas magnitudes generales de interés ya conocidas, como la precisión.

El efecto de la adherencia de la información es independiente del argumento de Stigler (1951) de que la división del trabajo está limitada por el tamaño del mercado. Cuando se controlan las expectativas de beneficios, el impacto de la adherencia de la información en la fuente de la innovación sigue siendo muy evidente (Ogawa, 1998).

Si llevamos el argumento de la asimetría de la información un paso más lejos, vemos que ese carácter adherente de la información implica que la información disponible también diferirá entre los *distintos* productores y usuarios. Los activos de información de un usuario particular (o de un productor particular) serán los más próximos a lo que se necesita para desarrollar

una innovación concreta, con lo que el coste de desarrollar esa innovación será relativamente bajo para ese usuario o productor. El resultado final es que las actividades de innovación de los usuarios estarán *distribuidas* entre muchos usuarios en función de su dotación de información. Con respecto a la innovación, un usuario no es en ningún caso el sustituto perfecto de otro.

POR QUÉ LOS USUARIOS REVELAN A VECES LIBREMENTE SUS INNOVACIONES

La eficiencia social de un sistema en el que las distintas innovaciones están desarrolladas por usuarios individuales aumenta si los usuarios divulgan de alguna manera entre los demás lo que han desarrollado. Los productores-innovadores logran esto *parcialmente* cuando venden un producto o un servicio en el mercado libre (parcialmente porque difunden el producto que incorpora la innovación, pero a menudo no toda la información que los demás necesitarían para comprenderla y reproducirla en su conjunto). Si los usuarios-innovadores no difunden también de algún modo lo que han hecho, distintos usuarios con necesidades muy similares tendrán que desarrollar por separado innovaciones muy parecidas, lo que supone un pobre uso de los recursos desde el punto de vista del bienestar social. La investigación empírica demuestra que los usuarios consiguen a menudo una difusión generalizada por medios inesperados: en muchos casos *revelan libremente* lo que han desarrollado. Cuando afirmamos que un innovador revela libremente la información sobre un producto o

Cuadro 2. Fuente de las innovaciones según la naturaleza de la mejora efectuada

Tipo de mejora proporcionada por la innovación	Innovación desarrollada por:			
	Porcent. usuarios	Usuario	Productor	Total
1. Nueva prestación funcional	82%	14	3	17
2. Mejora de la sensibilidad, la resolución o la precisión	48%	11	12	23
3. Mejora de la comodidad o la fiabilidad	13%	3	21	24
Total				64

Fuente: Riggs y Von Hippel, 1994.

servicio que ha desarrollado, queremos decir que el innovador cede voluntariamente todos los derechos de propiedad intelectual de esa información y que todas las partes interesadas pueden acceder a ella, de modo que la información se convierte en un bien público (Harhoff *et al.*, 2003).

El hallazgo empírico de que los usuarios revelan a menudo sus innovaciones ha sido una gran sorpresa para los investigadores dedicados a la innovación. Cabe pensar que si la información perteneciente a un usuario-innovador tiene valor para otros, ese usuario se esforzará por impedir su libre difusión, en lugar de ayudar a otros a acceder libremente a lo que ha desarrollado asumiendo un coste privado. Sin embargo, resulta ahora evidente que los usuarios individuales y las empresas usuarias —y a veces los productores— revelan a menudo libremente información detallada sobre sus innovaciones.

Las prácticas visibles en el desarrollo de *software* de código abierto han sido importantes para dar a conocer este fenómeno de forma generalizada. En ese ámbito existe una *política* clara que establece que quienes contribuyen a un proyecto revelarán de manera libre, rutinaria y sistemática el código desarrollado por ellos con un coste privado (Raymond, 1999). Sin embargo, la historia de la libre divulgación de las innovaciones de los productos empezó mucho antes de la llegada del *software* de código abierto. Allen, en su estudio de 1983 sobre la industria del hierro del siglo XVIII, fue probablemente el primero en considerar este fenómeno de manera sistemática. Más tarde, Nuvolari (2004) analizó la libre divulgación en los primeros tiempos de las bombas de agotamiento para minas. La libre divulgación contemporánea por parte de los usuarios ha sido documentada por Von Hippel y Finkelstein (1979) para los equipos médicos; por Lim (2000) para los equipos de fabricación de semiconductores; por Morrison, Roberts y Von Hippel (2000) para los sistemas de información de bibliotecas, y por Franke y Shah (2003) para el equipamiento deportivo. Henkel (2003) ha documentado la libre

divulgación entre los productores en el caso del *software* Linux incrustado.

En muchos casos, los innovadores revelan libremente porque es la mejor o la única alternativa práctica a su alcance. Ocultar una innovación como secreto comercial no tiene muchas posibilidades de éxito a largo plazo: demasiadas personas saben cosas similares en el ámbito general y algunos propietarios de la información *secreta* tienen poco o nada que perder si divulgan libremente lo que saben. Los estudios señalan que, en muchos campos, los innovadores atribuyen a las patentes un valor limitado (Harhoff *et al.*, 2003). La protección bajo *copyright* y la concesión de licencias de *copyright* solo tienen validez para bienes *escritos*, como libros, imágenes gráficas y *software* de ordenador.

Los esfuerzos activos —y no una aceptación renuente— por parte de los innovadores para divulgar libremente son explicables porque la libre divulgación puede proporcionar a los innovadores importantes beneficios privados junto con las pérdidas o el riesgo de que estas se produzcan. Los usuarios que divulgan libremente lo que han hecho descubren a menudo que otros a continuación sugieren mejoras para la innovación o la mejoran directamente, con lo que se obtiene un beneficio mutuo (Raymond, 1999). Además, los usuarios que divulgan libremente sus innovaciones pueden beneficiarse de un espaldarazo a su reputación, de efectos de red positivos debidos al incremento de la difusión de su innovación y de otros factores. Ser el primero en revelar libremente una innovación también aumenta en muchos casos los beneficios obtenidos, lo que puede generar cierta prisa por divulgar, como la que se da entre los científicos para publicar con el fin de disfrutar de las ventajas de ser el primero en realizar un avance concreto.

COMUNIDADES DE INNOVACIÓN

La innovación impulsada por los usuarios suele estar enormemente distribuida, en lugar de concentrarse en un número muy limitado de usuarios muy innovadores (cuadro 3). Como

consecuencia, es importante para los usuarios-innovadores buscar formas de combinar y potenciar conjuntamente sus esfuerzos. Para ello, se embarcan en numerosos tipos de cooperación. La cooperación directa e informal entre usuarios (ayudar a otros a innovar, responder preguntas, etc.) es habitual. También es frecuente la cooperación organizada. Los usuarios se agrupan en redes y comunidades que proporcionan estructuras y herramientas útiles para sus interacciones y para la distribución de las innovaciones. Las comunidades de innovación pueden aumentar la velocidad y la eficacia con las que los usuarios y también los productores desarrollan, prueban y difunden sus innovaciones. También permiten aumentar considerablemente la facilidad con la que los innovadores pueden construir sistemas más grandes a partir de módulos interconectables creados por miembros de la comunidad.

Los proyectos de *software* de código libre y abierto son una forma de comunidad de innovación a través de Internet de gran éxito y relativamente bien desarrollada. Sin embargo, las comunidades de innovación no están en ningún caso restringidas a los productos de *software* o de información, y pueden desempeñar un papel importante en el desarrollo de productos físicos. Franke y Shah (2003) han documentado el valor que las comunidades de innovación impulsada por los usuarios pueden proporcionar a los usuarios-innovadores que desarrollan productos físicos en el campo del equipamiento deportivo. La analogía con las comunidades de innovación de código abierto resulta evidente.

El esfuerzo del colectivo o de la comunidad por proporcionar un bien público —no otra cosa son las innovaciones que se difunden libremente— se ha estudiado tradicionalmente en la literatura dedicada a la *acción colectiva*. Sin embargo, los comportamientos observados en las comunidades de innovación existentes no se corresponden con esa literatura en muchos aspectos importantes. En esencia, las comunidades de innovación presentan una mayor solidez con respecto al reclutamiento y a la recompensa de sus miembros de lo que predice la literatura. La razón podría ser que quienes contribuyen a la innovación obtienen algunas recompensas privadas que no comparten los usuarios generales (aquellos que toman sin contribuir). Por ejemplo, un producto que un usuario-innovador desarrolla y divulga libremente puede ser idóneo para los requisitos de ese usuario-innovador, pero no tanto para los de los usuarios generales. Así, las comunidades de innovación ilustran un modelo *privado-colectivo* de incentivos a la innovación (Von Hippel y Von Krogh, 2003).

ADAPTACIÓN DE LAS POLÍTICAS A LA INNOVACIÓN IMPULSADA POR LOS USUARIOS

¿Es *buena* la innovación impulsada por los usuarios? Los economistas especializados en el bienestar responden a esta pregunta estudiando el modo en que un fenómeno o un cambio afecta al bienestar social. Henkel y Von Hippel (2005) han explorado las implicaciones que la innovación impulsada por los usuarios tiene en el bienestar social y han descubierto que, si se

Fuente del cuadro: Von Hippel 2005, cuadro 7-1.

Fuentes de los datos:

* Von Hippel, 1988, Apéndice: Innovaciones en el CG (Cromatógrafo de Gases), el MET (Microscopio Electrónico de Transmisión) y la RMN (Resonancia Magnética Nuclear).

** Riggs y Von Hippel, Esca y AES.

*** Von Hippel, 1988, Apéndice: Innovaciones en los equipos de fabricación de semiconductores y pultrusión.

**** Shah, 2000, Apéndice A: Innovaciones para *skateboard*, *snowboard* y *windsurf* desarrolladas por los usuarios.

Cuadro 3. La innovación impulsada por los usuarios está muy distribuida: unos cuantos usuarios han desarrollado más de una de las innovaciones importantes comercializadas

Muestras de usuarios	Número de innovaciones desarrolladas por cada usuario					
	1	2	3	6	s. d.	muestra (n)
Usuarios de instrumentos científicos*	28	0	1	0	1	32
Usuarios de instrumentos científicos**	20	1	0	1	0	28
Usuarios de equipos de fabricación***	19	1	0	0	8	29
Usuarios de equipamiento deportivo****	7	0	0	0	0	7

compara con un mundo en el que solo los productores innovaran, es muy probable que el bienestar social aumente por la presencia de las innovaciones divulgadas libremente por los usuarios. Este hallazgo implica que la adopción de políticas debería respaldar la innovación impulsada por los usuarios, o al menos garantizar que la legislación y las regulaciones no favorezcan a los productores en detrimento de los usuarios-innovadores.

Las transiciones requeridas en la adopción de políticas para lograr la neutralidad con respecto a la innovación impulsada por los usuarios y a la impulsada por los productores son considerables. Pensemos en el impacto que las decisiones políticas pretéritas y actuales han tenido en la innovación abierta y distribuida. La investigación realizada en los últimos treinta años ha convencido a numerosos expertos de que la ley de propiedad intelectual no ha tenido en algunos o en muchos casos el efecto deseado. La ley de propiedad intelectual se concibió para aumentar la cantidad de inversión realizada en innovación. Y, sin embargo, ahora parece que en la creación de patentes y el *copyright* existen economías de alcance que permiten a las empresas usar estas variantes de la ley de propiedad intelectual de formas directamente opuestas al propósito de los legisladores y al bienestar público (Foray, 2004). Las grandes empresas pueden invertir para desarrollar extensas carteras de patentes. Pueden usarlas para crear *marañas de patentes*: densas redes de reivindicaciones de patentes que les proporcionen una base plausible para amenazar con demandas en un amplio espectro de propiedades intelectuales. Pueden hacerlo para impedir que otros introduzcan una innovación superior o para exigir licencias de competidores más débiles en condiciones favorables (Shapiro, 2001; Bessen, 2003). Las productoras de cine, las editoriales y las empresas de *software* usan a veces grandes colecciones de obras con *copyright* para un fin similar (Benkler, 2002). A la vista del carácter compartido de la innovación impulsada por los usuarios —un modelo en

“La adopción de políticas debería respaldar la innovación impulsada por los usuarios, o al menos garantizar que la legislación y las regulaciones no favorezcan a los productores en detrimento de los usuarios-innovadores”

el que lo normal es que cada individuo cree una cantidad relativamente baja de propiedad intelectual—, es probable que los usuarios se vean perjudicados por esas estrategias.

También es importante señalar que los usuarios (y los productores) suelen recurrir a la modificación de productos que ya están disponibles en el mercado para construir de un modo económico prototipos de sus innovaciones que sirvan a un nuevo propósito. Leyes como la Digital Millennium Copyright Act de Estados Unidos, concebidas para impedir que los consumidores copien ilegalmente obras protegidas, también pueden tener el efecto secundario no deseado de impedir que los usuarios modifiquen los productos que han adquirido (Varian, 2002). Diversas consideraciones relacionadas con la equidad y con el bienestar social sugieren que las políticas sobre innovación deberían ser neutrales con respecto a las fuentes de la innovación.

Puede que los impedimentos que obstaculizan actualmente la innovación impulsada por los usuarios se resuelvan por medio de la legislación o el desarrollo de políticas. Sin embargo, es previsible que los beneficiarios de la ley y de las políticas existentes opongan resistencia al

cambio. Afortunadamente, una forma de solucionar algunos de estos problemas está en manos de los propios innovadores. Supongamos que muchos innovadores de un campo concreto deciden divulgar libremente lo que han desarrollado, algo para lo que a menudo tienen buenos motivos. En ese caso, los usuarios pueden crear colectivamente un repositorio común de información (una colección de información a la que todos pueden acceder sin restricciones) que contenga sustitutos para parte o mucha de la información que ahora se considera propiedad intelectual privada. Así, los usuarios-innovadores pueden sortear las restricciones de la ley de propiedad intelectual usando estos sustitutos divulgados libremente (Lessig, 2001).

Este patrón se está dando de un modo muy visible en el ámbito del *software*. Ahora, para muchos problemas, los usuarios-innovadores de ese campo pueden elegir entre el *software* patentado y cerrado que suministran Microsoft y otras compañías y el *software* de código abierto que pueden descargar de Internet y modificar como deseen para adaptarlo a sus propias necesidades, todo ello legalmente. También sucede, aunque de un modo menos visible, en el caso de los equipos de fabricación desarrollados por los usuarios para su propio uso interno. Los datos de Canadá y los Países Bajos indican que en torno al 25% de esas innovaciones desarrolladas por los usuarios se transfieren voluntariamente a los productores. Una fracción importante, cercana a la mitad, se transfiere sin protección de la ley de propiedad intelectual y sin cargo (Gault y Von Hippel, 2009; De Jong y Von Hippel, 2009).

Las políticas que igualan las reglas del juego para los usuarios y los productores exigirán un cambio más rápido a los productores, pero no los destruirán. En los campos en los que los procesos de innovación abiertos y distribuidos están más avanzados, la experiencia muestra que los productores pueden adaptarse y, de hecho, lo hacen. Algunos, por ejemplo, aprenden a suministrar productos de plataformas patentadas que ofrecen a los usuarios-innovadores un

marco dentro del cual pueden desarrollar y utilizar sus mejoras (Jeppesen, 2004).

DIFUSIÓN DE LAS INNOVACIONES DESARROLLADAS POR LOS USUARIOS

Los productos, servicios y procesos desarrollados por los usuarios adquieren más valor para la sociedad si se dan a conocer de algún modo a otras personas que también puedan beneficiarse de ellos. Si las innovaciones del usuario no se difunden, numerosos usuarios con necesidades muy similares tendrán que invertir para volver a desarrollar innovaciones muy semejantes en lo que, como ya se ha indicado, supondría un uso ineficaz de los recursos desde el punto de vista del bienestar social. En el caso de los productos de información, los usuarios tienen la posibilidad de prescindir en buena medida o por completo de los servicios de los productores. Los proyectos de *software* de código abierto son ejemplos prácticos que nos enseñan que los usuarios pueden crear, producir, difundir, actualizar y utilizar productos complejos —además de ofrecer a los usuarios soporte in situ para dichos productos— por sí mismos y para su propio beneficio en el contexto de las comunidades de innovación de usuarios. En el ámbito de los productos físicos, la situación cambia. Los usuarios pueden desarrollar productos, pero las economías de escala asociadas con la fabricación y la distribución de productos físicos ofrecen a los productores una ventaja sobre los usuarios que llevan a cabo esas actividades por su cuenta.

¿Cómo pueden o deben las innovaciones de interés general impulsadas por los usuarios transferirse a los productores para su difusión a gran escala? En nuestra opinión existen tres métodos generales para lograrlo. En primer lugar, los productores pueden buscar activamente las innovaciones desarrolladas por los usuarios líderes que constituyan una buena base para un producto comercial rentable. En segundo lugar, los productores pueden animar a los usuarios innovadores a participar en interacciones de diseño conjuntas proporcionándoles kits de

herramientas para la innovación impulsada por los usuarios. En tercer lugar, los usuarios pueden convertirse en productores para lograr una difusión amplia de sus innovaciones. Analizaremos por separado cada una de estas posibilidades.

Para encontrar sistemáticamente las innovaciones desarrolladas por los usuarios, los productores deben rediseñar sus procesos de desarrollo de productos. Actualmente, casi todos los productores piensan que su trabajo consiste en encontrar una necesidad y satisfacerla, en lugar de buscar y comercializar en algunos casos una innovación que ya han desarrollado los usuarios líderes. Como resultado, los productores han creado departamentos de investigación de mercados para explorar las necesidades de los usuarios en el mercado objetivo, grupos de desarrollo de productos para idear productos adecuados que respondan a esas necesidades, etc. En este tipo de sistema de desarrollo de productos, las necesidades y los prototipos de soluciones de los usuarios líderes —en el caso de que se encuentren— suelen rechazarse por considerarse elementos marginales carentes de interés. De hecho, cuando las innovaciones de los usuarios líderes se incorporan a la línea de productos de una empresa, llegan normalmente con retraso y por una vía asistemática y poco convencional. Hay casos, por ejemplo, en los que un productor *descubre* una innovación de un usuario líder cuando la empresa usuaria responsable de la innovación le propone producir su diseño en un volumen adecuado para satisfacer sus propias necesidades internas. Y en ocasiones, el personal comercial o de mantenimiento de un productor encuentra un prototipo prometedor durante una visita a la sede de un cliente.

La modificación de los procesos de innovación de las empresas para buscar *sistemáticamente* las innovaciones creadas por los usuarios líderes y avanzar en su desarrollo puede proporcionar a los productores una mejor conexión con el funcionamiento real del proceso de innovación y generar un rendimiento superior. Un experimento natural efectuado en 3M ilustra esta

posibilidad. El equipo directivo predijo, aplicando unos presupuestos conservadores, que las ventas anuales de las ideas de productos de usuarios líderes generadas en 3M por el proyecto de usuario líder medio serían superiores a ocho veces la previsión de ventas de los nuevos productos desarrollados con el sistema tradicional: 146 millones de dólares frente a 18 millones de dólares anuales. Además, se descubrió que los proyectos de los usuarios líderes generaban ideas para nuevas líneas de productos, mientras que los métodos de investigación de mercados tradicionales generaban ideas para mejoras incrementales de las líneas de productos ya existentes. Como consecuencia, las divisiones de 3M que financiaban las ideas de proyectos de los usuarios líderes registraron su mayor tasa de generación de grandes líneas de productos de los últimos cincuenta años (Lilien *et al.*, 2002).

Los conjuntos de herramientas para el diseño personalizado de la innovación impulsada por los usuarios implican dividir los proyectos de desarrollo de productos y desarrollo de servicios en subtareas intensivas de información sobre la solución y subtareas intensivas de información sobre la necesidad. Las subtareas intensivas relacionadas con la necesidad se asignan a continuación a los usuarios acompañadas de un conjunto de herramientas que les permite ejecutarlas con eficacia. En el caso de los productos físicos, los diseños que los usuarios crean con un conjunto de herramientas se transfieren después a los productores para la producción (Von Hippel y Katz, 2002). Los conjuntos de herramientas hacen que la innovación sea más barata para los usuarios y también generan un mayor valor para el cliente. De este modo, Franke y Piller (2004), en un estudio sobre relojes de pulsera para consumidores, descubrieron que la disposición a pagar por los productos de diseño propio llegaba al 200% de la disposición a pagar por el producto comercial más vendido de la misma calidad técnica. Este aumento de la disposición a pagar se debía tanto al mayor valor proporcionado por el producto desarrollado por

“Para encontrar sistemáticamente las innovaciones desarrolladas por los usuarios, los productores deben rediseñar sus procesos de desarrollo de productos”

el usuario como al valor del proceso del conjunto de herramientas para los consumidores que participaban en él (Schreier y Franke, 2004).

Los productores que ofrecen conjuntos de herramientas a sus clientes pueden alentar a los usuarios innovadores a entablar una relación con su empresa, lo que les proporciona una ventaja de la que carecerían si se limitaran a producir lo que los usuarios desarrollan. El sector de los semiconductores personalizados adoptó pronto estos conjuntos de herramientas. En 2003, la producción de semiconductores diseñados con esta estrategia superó los 15.000 millones de dólares (Thomke y Von Hippel, 2002).

Las innovaciones desarrolladas por los usuarios alcanzan a veces una amplia difusión cuando esos usuarios se convierten en productores y crean una empresa para producir sus productos innovadores con fines comerciales. Shah (2000) mostró este patrón en el campo de los artículos deportivos. En el ámbito médico, Lettl y Gemunden (2005) han puesto de manifiesto un patrón según el cual los usuarios innovadores asumen muchas de las funciones empresariales necesarias para comercializar los nuevos productos médicos que han desarrollado, pero no abandonan sus funciones como usuarios. Los nuevos estudios realizados en este campo exploran las condiciones que deben darse para que los usuarios se conviertan en

emprendedores en lugar de transferir sus innovaciones a empresas ya establecidas (Hienerth, 2004; Shah y Tripsas, 2004).

CONCLUSIÓN

Para resumir este artículo general, subrayaremos que la capacidad de los usuarios para innovar está creciendo de una forma *rápida y radical* como resultado de la mejora constante de la calidad del *software* y del *hardware* para ordenadores, la mayor disponibilidad de componentes y herramientas de fácil uso para la innovación, y el acceso a unos bienes comunes de innovación cada vez más amplios. Hoy en día, las empresas usuarias e incluso los aficionados particulares tienen acceso a sofisticadas herramientas de programación para el *software* y a complejas herramientas de diseño de CAD para el *hardware* y los componentes electrónicos. Estas herramientas basadas en la información se pueden ejecutar en un ordenador personal y tienen precios cada vez más bajos. Como consecuencia, la innovación impulsada por los usuarios seguirá creciendo aunque el grado de heterogeneidad de la necesidad y la disposición a invertir en la obtención del producto perfecto permanezcan constantes.

En las corporaciones, recursos de innovación equivalentes a los descritos están desde hace tiempo a disposición de unos cuantos usuarios. Desde hace mucho, los jefes de diseño de las empresas tienen bajo su control directo a ingenieros y diseñadores y cuentan con los recursos necesarios para construir y probar con rapidez los diseños de los prototipos. Lo mismo ocurre en otros campos, incluido el diseño de automóviles y de ropa: basta con pensar en los equipos de ingenieros y constructores de maquetas puestos a disposición de los grandes diseñadores de automóviles para que estos puedan hacer realidad sus diseños y probarlos con rapidez.

Pero si, como hemos visto, la información necesaria para realizar grandes innovaciones está muy distribuida, el patrón tradicional consistente en concentrar los recursos que impulsan la

innovación en unos cuantos individuos resulta terriblemente ineficiente. Los carísimos recursos que sustentan la innovación no se pueden asignar de un modo eficaz a las personas adecuadas que disponen de la información idónea, porque es muy difícil saber quiénes son esas personas antes de que desarrollen una innovación que resulte tener valor general. Cuando el coste de los recursos de alta calidad para el diseño y la creación de prototipos se reduce mucho (la tendencia aquí descrita), esos recursos se pueden difundir extensamente, y el problema de la asignación pasa a ser menos importante. El resultado global es un modelo en el que el desarrollo de innovaciones de productos y servicios se transfiere progresivamente a los usuarios: una tendencia que conllevará cambios importantes para los usuarios y los productores.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, R. C. (1983), «Collective Invention», *Journal of Economic Behavior and Organization* 4(1), pp. 1-24.
- ARROW, K. J. (1962), «Economic Welfare and the Allocation of Resources of Invention», en *The Rate and Direction of Inventive Activity: Economic and Social Factors*, informe del National Bureau of Economic Research, Princeton, NJ: Princeton University Press, pp. 609-25.
- ARUNDEL, A., y V. SONNTAG (1999), *Patterns of Advanced Manufacturing Technology (AMT) Use in Canadian Manufacturing: 1998 AMT Survey Results*, artículo de investigación n.º 12. Ottawa: Science, Innovation and Electronic Information Division, Statistics Canada.
- BENKLER, Y. (2002), «Intellectual Property and the Organization of Information Production», *International Review of Law and Economics* 22(1), pp. 81-107.
- BESSEN, J. (2003), *Patent Thickets: Strategic Patenting of Complex Technologies*. Documento de trabajo, Boston: Research on Innovation and Boston University School of Law.
- DE JONG, JEROEN P. J., y E. VON HIPPEL (2009), *Measuring user innovation in Dutch high tech SMEs: Frequency, nature and transfer to producers*, artículo de investigación, 4724-09, MIT Sloan School of Management, marzo (pendiente de publicación en *Research Policy*). Disponible en Internet en http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1352496.
- FORAY, D. (2004), *Economics of Knowledge*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- FRANKE, N., y F. PILLER (2004), «Value Creation by Toolkits for User Innovation and Design: The Case of the Watch Market», *Journal of Product Innovation Management* 21 (6), pp. 401-415.
- FRANKE, N., y H. REISINGER (2003), *Remaining Within Cluster Variance: A Meta Analysis of the «Dark» Side of Cluster Analysis*, documento de trabajo, Viena: Vienna Business University.
- FRANKE, N., y S. SHAH (2003), «How Communities Support Innovative Activities: An Exploration of Assistance and Sharing Among End-Users», *Research Policy* 32(1), pp. 157-178.
- FRANKE, N., y E. VON HIPPEL (2003a), *Finding Commercially Attractive User Innovations*, documento de trabajo n.º 4402-03, Cambridge, MA: MIT Sloan School of Management.
- FRANKE, N., y E. VON HIPPEL (2003b), «Satisfying Heterogeneous User Needs via Innovation Toolkits: The Case of Apache Security Software», *Research Policy* 32(7), pp. 1199-1215.
- GAULT, F., y E. VON HIPPEL (2009), *The prevalence of user innovation and free innovation transfers: Implications for statistical indicators and innovation policy*, documento de trabajo n.º 4722-09 (enero), Cambridge, MA: MIT Sloan School of Management, enero de 2009. Disponible en Internet en http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1337232.
- HARHOFF, D., J. HENKEL y E. VON HIPPEL (2003), «Profiting from Voluntary Information Spillovers: How Users Benefit by Freely Revealing their Innovations», *Research Policy* 32(10), pp. 1753-1769.
- HENKEL, J. (2003), «Software Development in Embedded Linux – Informal Collaboration of Competing Firms», en W. Uhr, W. Esswein y E. Schoop (eds.), *Proceedings der 6. Internationalen Tagung Wirtschaftsinformatik 2003*, vol. 2, Heidelberg: Physica, pp. 81-99.
- HENKEL, J., y E. VON HIPPEL (2005), «Welfare Implications of User Innovation», *Journal of Technology Transfer* (pendiente de publicación).
- HERSTATT, C., y E. VON HIPPEL (1992), «From Experience: Developing New Product Concepts Via the Lead User Method: A Case Study in a “Low Tech” Field», *Journal of Product Innovation Management* 9(3), pp. 213-222.
- HERTEL, G., S. NIEDNER y S. HERRMANN (2003), «Motivation of Software Developers in Open Source Projects: an Internet-Based Survey of Contributors to the Linux Kernel», *Research Policy* 32(7), pp. 1159-1177.
- HIENERTH, C. (2004), *The commercialization of user innovations: Sixteen cases in an extreme sporting industry*, documento de trabajo, Viena: Vienna University of Economics and Business Administration.

- JENSEN, M. C., y W. H. MECKLING (1976), «Theory of the Firm: Managerial Behavior, Agency Costs, and Ownership Structure». *Journal of Financial Economics* 3(4), pp. 305-360.
- JEPPESEN, L. B. (2004), *Profiting from Innovative User Communities: How Firms Organize the Production of User Modifications in the Computer Games Industry*, documento de trabajo WP-04, Copenhague: Departamento de Economía Industrial y Estrategia, Escuela Empresarial de Copenhague.
- LAKHANI, K. R., y B. WOLF (2005), «Why Hackers Do What They Do: Understanding Motivation and Effort in Free/Open Source Software Projects», en J. Feller, B. Fitzgerald, S. Hissam y K. R. Lakhani (eds.), *Perspectives on Free and Open Source Software*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- LESSIG, L. (2001), *The Future of Ideas: The Fate of the Commons in a Connected World*, Nueva York: Random House.
- LETTL, C., C. HERSTATT y H. GEMÜNDEN (2005), «The entrepreneurial role of innovative users», *Journal of Business and Industrial Marketing* 20 (7), pp. 339-346.
- LILIEN, GARY L., P. D. MORRISON, K. SEARLS, M. SONNACK, E. VON HIPPEL (2002), «Performance Assessment of the Lead User Idea Generation Process», *Management Science* 48(8), agosto, pp. 1042-1059.
- LIM, K. (2000), *The Many Faces of Absorptive Capacity: Spillovers of Copper Interconnect Technology for Semiconductor Chips*, documento de trabajo n.º 4110, Cambridge, MA: MIT Sloan School of Management.
- LÜTHJE, C., C. HERSTATT y E. VON HIPPEL (2002), *The Dominant Role of Local Information in User Innovation: The Case of Mountain Biking*, documento de trabajo n.º 4377-02, Cambridge, MA: MIT Sloan School.
- LÜTHJE, C. (2003), «Customers as Co-Inventors: An Empirical Analysis of the Antecedents of Customer-Driven Innovations in the Field of Medical Equipment», *Actas, XXXII EMAC Annual Conference* (Glasgow).
- LÜTHJE, C. (2004), «Characteristics of Innovating Users in a Consumer Goods Field: An Empirical Study of Sport-Related Product Consumers». *Technovation* [pendiente de publicación].
- MORRISON, P. D., J. H. ROBERTS y E. VON HIPPEL (2000), «Determinants of User Innovation and Innovation Sharing in a Local Market», *Management Science* 46(12), pp. 1513-1527.
- MORRISON, P. D., J. H. ROBERTS y D. F. MIDGLEY (2004), «The Nature of Lead Users and Measurement of Leading Edge Status», *Research Policy* 33(2), pp. 351-362.
- NUVOLARI, A. (2004), «Collective Invention during the British Industrial Revolution: The Case of the Cornish Pumping Engine», *Cambridge Journal of Economics* 28(3), pp. 347-363.
- OGAWA, S. (1998), «Does Sticky Information Affect the Locus of Innovation? Evidence from the Japanese Convenience-Store Industry», *Research Policy* 26(7-8), pp. 777-790.
- OLSON, E. L., y G. BAKKE (2001), «Implementing the Lead User Method in a High Technology Firm: A Longitudinal Study of Intentions versus Actions», *Journal of Product Innovation Management* 18(2), noviembre, pp. 388-395.
- PAVITT, K. (1984), «Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory», *Research Policy* 13(6), pp. 343-373.
- RAYMOND, E. (1999), *The Cathedral and the Bazaar: Musings on Linux and Open Source by an accidental revolutionary*, Sebastopol, CA: O'Reilly.
- RIGGS, W., y E. VON HIPPEL (1994), «The Impact of Scientific and Commercial Values on the Sources of Scientific Instrument Innovation», *Research Policy* 23 [julio], pp. 459-469.
- RÖSENBERG, N. (1976), *Perspectives on Technology*, Nueva York: Cambridge University Press.
- RÖSENBERG, N. (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Nueva York: Cambridge University Press.
- SCHREIER, M., y N. FRANKE (2004), *Tom Sawyer's great law in action: Why users are willing to pay to design their own products via toolkits for user innovation and design*, documento de trabajo, Viena: Vienna University of Economics and Business.
- SCHUMPETER, J. A. (1934), *The Theory of Economic Development*, Nueva York: Oxford University Press.
- SHAH, S. (2000), *Sources and Patterns of Innovation in a Consumer Products Field: Innovations in Sporting Equipment*, documento de trabajo n.º 4105, Cambridge, MA: MIT Sloan School of Management.
- SHAH, S. y M. TRIPSAS (2004), *When Do User-Innovators Start Firms? Towards A Theory of User Entrepreneurship*, documento de trabajo n.º 04-0106, Chicago: University of Illinois.
- SHAPIRO, C. (2001), «Navigating the Patent Thicket: Cross Licenses, Patent Pools, and Standard Setting», en A. Jaffe, J. Lerner y S. Stern (eds.), *Innovation Policy and the Economy* 1, Cambridge, MA: The MIT Press, pp. 119-150.
- STIGLER, G. J. (1951), «The Division of Labor is Determined by the Extent of the Market», *Journal of Political Economy* 59(3), junio, pp. 185-193.
- THOMKE, S. H., y E. VON HIPPEL (2002), «Customers as Innovators: A New Way to Create Value», *Harvard Business Review* 80(4), pp. 74-81.
- URBAN, G. L., y E. VON HIPPEL (1988), «Lead User Analyses for the Development of New Industrial Products», *Management Science* 34(5), pp. 569-82.
- VARIAN, H. R. (2002), «New Chips Can Keep a Tight Rein on Consumers», *New York Times*, 4 de julio.
- VON HIPPEL, E. (1994), «Sticky Information and the Locus of Problem Solving: Implications for Innovation», *Management Science* 40(4), pp. 429-439.
- VON HIPPEL, E. (2005), *Democratizing Innovation*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- VON HIPPEL, E., y S. N. FINKELSTEIN (1979), «Analysis of Innovation in Automated Clinical Chemistry Analyzers», *Science & Public Policy* 6(1), pp. 24-37.
- VON HIPPEL, E., y R. KATZ (2002), «Shifting Innovation to Users Via Toolkits», *Management Science* 48(7), pp. 821-833.
- VON HIPPEL, E., y G. VON KROGH (2003), «Open Source Software and the "Private-Collective" Innovation Model: Issues for Organization Science», *Organization Science* 14(2), pp. 209-223.

BBVA

El poder de la libertad creativa: lecciones extraídas del MIT Media Lab

Frank Moss
MIT Media Lab

A lo largo de sus veinticinco años de historia, el MIT Media Lab ha perfeccionado un estilo de investigación propio que ha engendrado algunas de las ideas más originales de la revolución digital. La fórmula secreta de este éxito —y de la capacidad constante del centro de «inventar el futuro»— es un entorno de investigación cargado de rebeldía que no solo permite sino que, de hecho, fomenta, que los investigadores formulen las preguntas que a nadie más se le ha ocurrido plantear.

Nuestra organización se reinventa constantemente con las combinaciones más inesperadas de disciplinas y personas. La idea es reunir a las mentes más brillantes que quepa encontrar, procedentes de un gran número de disciplinas dispares, para averiguar cómo se puede cambiar el mundo. Pero lo más importante es que no nos asusta parecer excéntricos o llegar a un callejón sin salida. Y eso es así porque la verdadera innovación es el fruto de una filosofía de investigación en la que errar no solo es admisible, sino que es algo totalmente esperable —y aceptado— dentro del proceso creativo. Las grandes ideas no surgen apostando sobre seguro. No son el resultado de un razonamiento incremental. Nacen, en realidad, de pensar en las cosas como nadie lo ha hecho antes. Y esta es la lección que el Media Lab ofrece al mundo.

Creo que todas las organizaciones, lucrativas o no, pueden aprender del espíritu único de nuestro centro si están dispuestas a asumir el riesgo de actuar de un modo un poco diferente.

LAS SIMIENTES DE LA INVENCIÓN

Tomando como punto de partida el ejemplo del Media Lab, si me preguntaran cómo se puede fortalecer el proceso de innovación de una organización, aconsejaría empezar reconsiderando la definición de innovación. Muy a menudo, las semillas iniciales de la creatividad se minusvaloran. Se acepta con frecuencia que la innovación es el éxito en la *implementación* de las ideas creativas. Pero como se ha demostrado en el Media Lab, la verdadera innovación no consiste en encontrar nuevos usos prácticos para las ideas ya existentes. El proceso debe empezar mucho antes y ser mucho más radical. Tiene que comenzar como *pre-innovación*, con ideas alocadas y revolucionarias que se convierten en la base de las tecnologías y los productos que cambian la sociedad.

Hoy en día, demasiadas compañías presentan una importante debilidad en las primeras etapas del ciclo de innovación porque no invierten en la semilla: esos cientos de invenciones que nacen de un proceso libre y no dirigido. Pensemos en el tipo de innovación que en el pasado se generó en

entornos como Bell Labs, IBM o el Xerox PARC. Estas empresas tomaron la decisión consciente de hacer grandes inversiones en sembrar nuevas ideas. Algunas llevarían a nuevos productos, pero serían muchas más las que no lo hicieran. Sin embargo, toda la organización se dedicaba a abrir el camino a nuevos modos de pensar en la tecnología. Ahora vemos más y más organizaciones que delegan la *innovación* en pequeños equipos de élite de pensadores creativos que residen en el *laboratorio de innovación* de una compañía. Pero este modelo no saca provecho del poder de la libertad creativa. La innovación debería ser ubicua en el conjunto de una organización. Las ideas deben brotar de una forma orgánica en los distintos departamentos, de forma que no exista un *modo erróneo* de pensar en un problema ni un *modo correcto* de resolverlo.

LA PASIÓN COMO MOTOR

En el Media Lab, nuestro mantra es «déjate guiar por tu pasión». No estamos aquí para responder a interrogantes concretos de nuestros patrocinadores o de los organismos externos que nos financian, sino para descubrir cuáles son las nuevas preguntas que se deben formular, para centrarnos en el modo en que la tecnología digital puede ayudarnos a transformar nuestras nociones más básicas sobre las capacidades humanas. Y, sobre todo, para fomentar una filosofía única basada en el principio de *aprender haciendo*. Con este fin, hemos reunido unos veinticinco grupos de investigación que trabajan según un esquema similar al de un taller para crear las cosas que la sabiduría convencional dice que no se pueden —o deben— hacer. No hay límites, solo posibilidades.

TRASCENDER LAS DISCIPLINAS TRADICIONALES

Un rasgo esencial de la filosofía del Media Lab es nuestro desprecio por el *corsé* de las disciplinas académicas tradicionales en el trabajo. Aquí, por ejemplo, el grupo de investigación Opera of the Future (Ópera del futuro), que está ampliando los límites de la música y

la creatividad, comparte un laboratorio con el grupo Smart Cities (Ciudades inteligentes), que se dedica a diseñar las ciudades sostenibles del mañana. El grupo Tangible Media (Medios tangibles), que estudia las conexiones táctiles entre el mundo físico y el digital, trabaja mano a mano con los investigadores de Viral Communications (Comunicaciones virales), que exploran algunos conceptos radicalmente nuevos para los sistemas en red.

Las disciplinas de investigación del centro van desde la robótica a la neurobiología pasando por la epistemología. Y no es raro que un mismo proyecto de investigación se nutra del trabajo en curso en varias disciplinas que no guardan relación aparente: el desafío radica en encontrar las conexiones. Cada grupo de investigación está liderado por un miembro del equipo docente de la universidad o por un científico investigador que dirige un equipo de estudiantes universitarios o de posgraduados (los estudiantes trabajan en el Lab a través del Undergraduate Research Opportunities Program, el programa de oportunidades de investigación para estudiantes del MIT). Todos los investigadores trabajan además en el marco de uno de los consorcios del Lab, organizados en torno a temas de investigación amplios que van más allá de las disciplinas tradicionales. Por ejemplo, Things That Think (Cosas que piensan), el mayor consorcio del Lab, alía a científicos especializados en computación con diseñadores de productos, ingenieros biomédicos e incluso arquitectos para inventar el futuro de los objetos y los entornos aumentados digitalmente.

Los veinticinco grupos de investigación del laboratorio dedican sus esfuerzos a áreas más concretas y trabajan en una amplia gama de proyectos que van desde la creación del código de barras de la próxima generación (Camera Culture [Cultura de cámara]) al desarrollo de sistemas de comunicaciones que entiendan su contenido (Object-Based Media [Medios basados en objetos]) pasando por el desarrollo de interfaces que permiten a la gente *agarrar* y *manipular* los bits asociándolos a objetos

cotidianos y superficies arquitectónicas (Tangible Media [Medios tangibles]).

Una característica esencial de este enfoque es que rechaza el modelo académico estándar de la investigación dirigida. El modelo de financiación del Lab da a todos los patrocinadores corporativos acceso a *toda* la propiedad intelectual del centro durante su periodo de patrocinio, sin pagos de licencias ni cánones. De este modo se contribuye a la apertura y al intercambio intelectual que es esencial para el funcionamiento del Media Lab. Cada miembro del equipo docente o estudiante tiene plena libertad para desviarse de las rutas de investigación convencionales y colaborar con otros en áreas completamente distintas. Así, el Lab se convierte en un bastión creativo abierto con acceso a la investigación de vanguardia en una amplia gama de materias de muchos campos diferentes.

DISEÑO DE LA SERENDIPIA

Cuando se crea una filosofía de investigación adecuada, algunas de las mejores innovaciones se producen en el terreno de la serendipia, *accidentalmente a propósito*. Por ejemplo: en la década de 1990, el grupo Physics and Media (Física y medios) del Lab empezó a explorar la interacción entre el cuerpo humano y los campos eléctricos mientras desarrollaba unos nuevos sensores para una colaboración con el prestigioso violonchelista Yo-Yo Ma. Esto dio como resultado muebles inteligentes que podían *ver* en 3D y llevó al descubrimiento posterior de un modo de enviar datos a través del cuerpo humano que se incorporó en una Silla de los Espíritus para los magos Penn y Teller (investigadores invitados del Lab en aquella época). El dispositivo canalizaba literalmente un campo a través del cuerpo del intérprete para controlar la música.

Un día, al observar a Penn y Teller mientras hacían una demostración de su Silla de los Espíritus, un ejecutivo de NEC, una de las empresas patrocinadoras del Lab, que estaba de visita en el centro, pensó que la misma tecnología se podía emplear en un dispositivo de detección

para el asiento de un coche. Una vez identificado este uso potencial, el Media Lab desempeñó un papel fundamental, ya que demostró enseguida la viabilidad técnica del producto y ayudó a entender la base física del problema, además de contribuir al diseño de ingeniería del proyecto y a la rápida creación de un prototipo. En el mismo año, el ejecutivo tuvo un prototipo de un detector para el asiento del coche creado en el Lab y pudo hacer una demostración ante sus clientes. Poco después, NEC anunció su sistema de detección de pasajeros. Equipado con esta tecnología, el asiento del coche podía distinguir si un bebé estaba colocado en el sentido de la marcha o en el opuesto y podía indicar al *airbag* cuándo —y, lo que es más importante, cuándo *no*— debía desplegarse, lo que podía llegar a salvar la vida de un bebé que viajara en el asiento delantero de un vehículo.

Otro ejemplo del modo en que un entorno abierto y creativo puede producir resultados sorprendentes es el trabajo del Lab en el campo de la computación afectiva. El objetivo inicial de este trabajo consistía en desarrollar ordenadores con *inteligencia emocional* para detectar la frustración del usuario en una interacción entre un humano y una máquina. Con el tiempo, ha evolucionado hacia dos áreas de investigación muy importantes aunque totalmente distintas: dispositivos que se emplean para determinar el nivel de satisfacción de un cliente y responderle y herramientas que ayudan a detectar y tratar el autismo.

El potencial de uso de la computación afectiva en el servicio al cliente es enorme. En la actualidad, no hay ningún sistema que permita capturar y analizar las expresiones faciales en las interacciones en tiempo real entre el cliente y el servicio y que pueda asociar esta información con los resultados de una transacción. Pero pensemos lo importante que resulta para un negocio orientado al servicio al cliente, como la banca, disponer de técnicas en tiempo real que permitan evaluar la apariencia externa de interés, confusión y otros estados

cognitivo-afectivos de un cliente. Esta capacidad podría llevar a una visión radicalmente nueva de la forma de mejorar la experiencia del cliente en las interacciones cara a cara, en los cajeros automáticos o en los servicios de banca en línea. Esta tecnología también se puede usar para obtener unos resultados más precisos en las pruebas de *marketing*, en las que los participantes con frecuencia son poco sinceros al rellenar una encuesta o responder a una entrevista. También puede ayudar a eliminar la emoción de las comunicaciones telefónicas con los consumidores con el fin de suavizar las interacciones difíciles con un representante del servicio de atención al cliente.

Pero esta misma tecnología resulta también muy prometedora para ayudar a las personas que padecen autismo. Diversas herramientas especializadas, entre las que se incluyen nuevos sensores fisiológicos que se pueden colocar sobre el cuerpo, junto con el *software* correspondiente, pueden ayudar a personas con desórdenes enmarcados en el espectro del autismo a comunicar estados cognitivos y emocionales, así como permitir a otros —como científicos, terapeutas, profesores y cuidadores— entender mejor esos estados.

UNA NUEVA VISIÓN DE LAS FRONTERAS TRADICIONALES DE LA INVESTIGACIÓN

Linus Pauling afirmó en una ocasión: «La mejor manera de tener una buena idea es tener un montón de ideas». En mi opinión, nadie ha demostrado esta máxima mejor que el difunto William J. Mitchell, antiguo decano de la School of Architecture + Planning del MIT y director del grupo de investigación Smart Cities del Media Lab. Bill, que lamentablemente falleció hace unos meses, fue un estimulante pensador y un escritor prolífico que desafió los conceptos convencionales sobre las ciudades sostenibles, el diseño y el transporte urbano reuniendo el más improbable equipo de investigadores que cabría esperar. Su grupo de investigación, Smart Cities, sigue trabajando en el diseño del CityCar, un

vehículo eléctrico ligero de uso compartido que se pliega y se apila como el carrito de un supermercado y que se podría distribuir por diversos puntos estratégicos de las áreas urbanas. El proyecto CityCar propone un enfoque completamente nuevo del diseño de un automóvil, ya que todos los sistemas mecánicos esenciales están alojados en las ruedas del coche. El coche, en sí mismo, es asombroso. Pero aun lo es más el hecho de que el equipo del CityCar no incluya ni un solo investigador con experiencia en el diseño de automóviles.

Además de atravesar las fronteras disciplinares tradicionales, la innovación conlleva una ruptura con la idea convencional del tipo de investigadores que deben enfrentarse a un problema concreto. ¿Qué habría sucedido si hubiéramos dependido de los fabricantes de máquinas de escribir para inventar los procesadores de texto? ¿Y si no hubiéramos ido más allá de las líneas telefónicas terrestres para buscar el siguiente gran avance en el campo de la telefonía?

La atención sanitaria ofrece otro buen ejemplo. En el Media Lab, ingenieros, científicos y diseñadores, libres de los sesgos académicos e industriales predominantes en la actualidad, exploran miles de problemas relacionados con la salud. Con un modo de pensar totalmente novedoso, los investigadores del Lab ya han dado pasos de gigante en el desarrollo de nuevas prótesis inteligentes para personas con amputaciones, de ayudas para la memoria e incluso de una ingeniosa nueva tecnología que permite analizar y controlar con precisión cualquier circuito neural, como los del cerebro. Este nuevo trabajo en el ámbito de la neuroingeniería ofrece la posibilidad de controlar la activación de neuronas concretas del cerebro en un margen de un milisegundo y con una enorme precisión en la selección de las células de destino, con lo que las células sanas circundantes quedan intactas. Este trabajo permitirá desarrollar tecnologías médicas radicalmente nuevas para tratar afecciones cerebrales como la enfermedad de Parkinson o incluso la ceguera, y para modificar

estados mentales y emocionales como la depresión profunda.

Los investigadores del Lab también están centrando sus esfuerzos en una nueva área que denominamos New Media Medicine (Medicina de los nuevos medios), con la que se pretende transformar el paradigma de la atención sanitaria. Creemos que para que el impacto social sea realmente importante, la salud se debe abordar en un contexto mucho más amplio, uno en el que los aspectos físicos, mentales y sociales del bienestar del individuo estén tan estrechamente integrados que sean indistinguibles. Con este fin, el Media Lab está diseñando nuevas plataformas y aplicaciones que se convertirán en elementos íntimos, aunque no invasivos, de la vida cotidiana de una persona. Van desde la siguiente generación de smartphones y redes de detección personal, que ayudarán a sus usuarios a ser más conscientes y les enseñarán a adoptar conductas más adecuadas para un estilo de vida más saludable, hasta tecnologías para la *inteligencia colectiva personal*, en las que los individuos pueden contribuir al conocimiento y la experiencia colectivos y aprender de otros usuarios. Además, estamos desarrollando herramientas digitales que harán que los pacientes entablen con los médicos una relación de igual a igual y puedan compartir e interpretar la información sobre su salud para mejorar sus vidas.

LA DIVERSIÓN ESTÁ EN EL TRABAJO

Hace muchos años, el Lab adoptó el lema, ya icónico, «demuestra o muere». Otra expresión que empleamos para describir nuestra peculiar filosofía es «imagina y haz realidad». Desafiamos constantemente a nuestros estudiantes a construir una y otra vez y a demostrar su trabajo a escala. Somos un laboratorio de hojalateros. No es raro que el visitante se encuentre con una máquina de coser o un soldador junto a una pantalla digital de última generación. Un día un estudiante se afana en fabricar una maqueta de cartón y al siguiente está inmerso en la escritura de un intrincado código.

El Media Lab anima a todos sus investigadores a no perder nunca su fascinación infantil por el universo y la emoción de descubrir. No solo insistimos en la importancia de aprender haciendo, sino también en la de divertirse durante el proceso.

De hecho, uno de los grupos de investigación del Media Lab se llama Lifelong Kindergarten (Guardería vitalicia). El nombre es fantástico, pero el planteamiento es aun mejor. En este grupo, los investigadores desarrollan nuevas tecnologías que, en la línea de los bloques y las pinturas con los dedos de las guarderías, amplían la gama de cosas que la gente diseña, crea e inventa, así como lo que aprenden en el proceso. Su meta final es un mundo repleto de personas que crean y se divierten mientras inventan sin descanso nuevas posibilidades para ellas mismas y para sus comunidades. Una innovación reciente concebida por este grupo es Scratch, la suma de un lenguaje de programación y una comunidad en línea que permite crear fácilmente historias, juegos, animaciones y simulaciones de naturaleza interactiva y compartir estas creaciones en línea. Scratch se ha diseñado para mejorar la capacidad tecnológica de los jóvenes (de ocho años para arriba) y para ayudarles a aprender a expresarse de un modo creativo con las nuevas tecnologías. Mientras crean y comparten proyectos de Scratch, los jóvenes aprenden a pensar de forma creativa, a razonar sistemáticamente y a trabajar en equipo. Disponible gratuitamente a través de Internet, Scratch ha llegado a un amplio público mundial con más de 500.000 usuarios que ya han cargado en la red más de un millón de proyectos.

UN ENTORNO FÍSICO ÚNICO

En marzo de 2010, el Media Lab se amplió con un espectacular nuevo edificio diseñado por Fumihiko Maki, que al igual que I. M. Pei (diseñador de la sede original del Lab, creada en 1985) es un arquitecto galardonado con el premio Pritzker. Este nuevo edificio es un modelo de cómo el espacio físico se puede integrar

plenamente con un programa de investigación y convertirse no ya en un lugar de trabajo, sino en un catalizador de la creatividad. Todo el complejo funciona como una plataforma de investigación en evolución, que conecta sin fisuras el mundo real y el virtual.

El edificio ofrece nuevos niveles de transparencia, de modo que todos los investigadores pueden ver a los demás desde diversos miradores, lo que favorece un intercambio de ideas sin restricciones. El objetivo es tener un espacio que funcione como una unidad profusamente interconectada con siete laboratorios situados uno frente a otro en torno a un patio central en una configuración escalonada. A través de una serie de pantallas de información interactivas distribuidas por el complejo del Media Lab, el centro lleva la colaboración más allá de sus muros y la hace extensiva a los visitantes, los patrocinadores, los colegas y el público en general. Ejemplifica nuestra visión única del modo en que se debe desarrollar la investigación destinada a cambiar la sociedad: ni fronteras ni paredes, solo un flujo de ideas interdisciplinarias y todo el espacio abierto necesario para inventar casi cualquier cosa.

SIMBIOSIS

El modelo del Media Lab ofrece una enorme libertad para explorar las direcciones de investigación más extravagantes sin preocuparse por el planteamiento convencional aceptado en el mundo académico o la industria. A la vez, las estrechas relaciones del Lab con la comunidad corporativa (a través de las visitas de los patrocinadores al complejo y las del profesorado y los estudiantes a las instalaciones de investigación de los *sponsors*) ayudan a mantener la investigación conectada a los problemas del mundo real.

El Lab y sus patrocinadores tienen una relación simbiótica: la estrategia de investigación abierta del Lab permite a las empresas formular preguntas que no habrían planteado de otro modo. El objetivo es que la colaboración con el Media Lab ayude a ampliar los planes de I+D

de una compañía desde sus primeras fases e impulse el pensamiento innovador aplicado a direcciones completamente nuevas. A la vez, la interacción del Lab con la industria ayuda al centro a mantenerse en contacto con las necesidades del mundo real.

Es importante señalar que el Media Lab *no* trabaja en proyectos tecnológicos concretos para nuestros patrocinadores, sino que pretende crear un entorno que permita a las empresas mejorar *sus propios* procesos de innovación. Si un patrocinador usa correctamente el Media Lab, llegará buscando una solución y se marchará con ideas relacionadas con cinco áreas totalmente distintas del desarrollo de productos. Nuestra meta es estimular la investigación, animar a pensar de un modo original para que las empresas se conviertan en organizaciones visionarias en su campo de investigación.

Y no es una simple teoría académica, esta es la forma de vida del Media Lab desde hace veinticinco años. Hoy, el mismo Lab que predijo la convergencia de los sistemas multimedia y la tecnología y preparó el terreno para la revolución digital de 1985 sigue abriendo nuevos caminos con avances que pueden cambiar la sociedad. Del Lab han surgido más de ochenta compañías, y los productos comerciales basados en sus investigaciones van desde la tinta electrónica (la base del Kindle) a los LEGO Mindstorms o el juego *Guitar Hero*. Contamos con unos sesenta patrocinadores entre los que se incluyen muchas de las mayores y más prestigiosas empresas del mundo, como Audi-Volkswagen, AOL, BT, BBVA, Bank of America, Google, IBM, Intel, LEGO, Samsung, Sun Microsystems y Toshiba.

MARCAR LA DIFERENCIA

Durante años, los tecnólogos lo han digitalizado casi todo, pero no han *transformado* casi nada. Ahora nos estamos alejando de la mera construcción de herramientas digitales más sofisticadas con el fin de crear tecnologías que participen de una forma realmente inteligente y útil en el mundo.

Como el trabajo realizado por el Media Lab en el pasado, la investigación actual sigue claramente centrada en la experiencia humana. Pero ahora más que nunca pone de relieve el fuerte vínculo existente entre la empresa, la sociedad y el individuo. La siguiente lista incluye varios ejemplos de algunos proyectos actuales que están *marcando la diferencia*:

- Aplicación Outbreaks Near Me de HealthMap para iPhone y Android, que proporciona información en tiempo real sobre los brotes de enfermedad.
- Sistemas Mobility on Demand (MoD): vehículos eléctricos ligeros situados en estaciones de carga eléctrica que se distribuyen estratégicamente por una ciudad. Los sistemas MoD proporcionan movilidad entre las estaciones de tránsito y un destino final. Se han desarrollado tres vehículos MoD: CityCar, RoboScooter y la bicicleta GreenWheel.
- CollaboRhythm, una interfaz de colaboración táctil y de voz que mejora la interacción entre médico y paciente. Los pacientes pueden gestionar activamente sus datos, lo que les permite entablar una relación más fluida con los médicos.
- Konbit, un sistema basado en el teléfono móvil que ayuda a las comunidades a reconstruirse recurriendo a los conjuntos de destrezas de los residentes locales. El sistema, que no requiere que los participantes estén alfabetizados, indexa las destrezas de quienes llaman, traduce las respuestas al inglés y permite que las organizaciones no gubernamentales realicen búsquedas en ellas usando técnicas de visualización y procesamiento en lenguaje natural.
- Sourcemap, una aplicación *web* concebida como una red social gestionada por voluntarios que presenta mapas visuales fáciles de entender del impacto medioambiental de diversos productos de consumo, una información que casi nunca está al alcance del público.
- NETRA (Near-Eye Tool for Refractive Assessment), un sistema rápido, sencillo y

económico que permite que las personas de los países en vías de desarrollo usen teléfonos móviles para realizarse exámenes oculares. Un pequeño dispositivo de plástico, que en la actualidad se puede producir por menos de 2 dólares, se conecta fácilmente a la pantalla de un teléfono móvil. Para usarlo, solo hay que sujetar el dispositivo a la altura del ojo, mirarlo y pulsar el teclado del teléfono hasta que se superpongan dos dibujos. La operación se repite varias veces para cada ojo con los dibujos a distintos ángulos. Todo el proceso lleva unos dos minutos durante los cuales el *software* cargado en el teléfono proporciona los datos necesarios para asignar una graduación.

El Lab nos ofrece a todos un excepcional modelo de lo mucho que una organización puede lograr si favorece un entorno en el que las personas puedan crear libremente, dejarse guiar por lo que les apasiona y pensar sin el corsé de las ideas convencionales. Cuando no hay nadie que diga «eso no se puede hacer», el cielo es el límite. *Podemos* inventar nuestro propio futuro.

Logros destacados del MIT Media Lab

Tinta electrónica, que abre el camino a la posibilidad de una biblioteca que utilice un único libro como soporte.

SixthSense, una interfaz gestual diseñada como un colgante que proyecta información digital en cualquier superficie y permite al usuario interactuar con ella, empleando gestos naturales de la mano. Integra plenamente la información en el entorno físico del usuario y convierte el mundo entero en un ordenador.

Scratch, un lenguaje de programación de código abierto para niños que les permite crear historias, juegos, música y animaciones de tipo interactivo para la Red.

CityCar, un coche eléctrico plegable y compartido para dos pasajeros que se puede usar en las áreas urbanas.

La primera prótesis de pie y tobillo motorizada, un importante avance para las personas que han sufrido la amputación de un miembro inferior. El dispositivo impulsa al usuario hacia delante con unos muelles que emulan el tendón y un motor eléctrico, lo que reduce la fatiga, mejora el equilibrio y permite caminar de una manera más natural.

Nexi, un robot social que posee una novedosa combinación de movilidad, destreza moderada, comunicación de tipo humano y capacidades de interacción.

El primer holograma sintético y móvil en tiempo real del mundo.

Bokode, un código de barras de nueva generación que usa una novedosa solución óptica para codificar la información. Con este sistema, los códigos de barras se reducen a menos de 3 mm, se pueden leer con cámaras normales y ofrecen distintas informaciones según el ángulo.

Csound, un innovador lenguaje de programación de ordenadores para transmitir música a través de la Red. Es uno de los sistemas de sonido de *software* más utilizados.

El primer periódico *web* electrónico, personalizado y bajo demanda.

El primer *ladrillo programable*, que llevó a los kits robóticos LEGO Mindstorms, utilizados hoy en día por millones de personas en todo el mundo.

La máquina XO, conocida en todo el mundo como el «portátil de los 100 dólares», que ofrece conectividad a los niños de los países en vías de desarrollo.

Sensores que pueden detectar las acciones de un usuario midiendo la influencia de un cuerpo sobre un campo eléctrico.

Audio Spotlight, que genera sonido audible que se puede dirigir a una ubicación concreta.

La evolución de la innovación en el MIT Media Lab

En 1985, el profesor del MIT Nicholas Negroponte y el antiguo presidente del centro, Jerome Wiesner, fundaron el Media Lab, que nació a partir del trabajo del Architecture Machine Group (Grupo de la máquina arquitectónica) del MIT. Interdisciplinar por naturaleza, el Lab acogió a investigadores de campos que iban desde la holografía a la dirección de documentales pasando por la epistemología y el aprendizaje. Los investigadores del centro recibían estímulos constantes no solo para pensar de maneras excéntricas sino también para construir prototipos de sus ideas. En lugar de seguir la consigna académica estándar, «publicar o perecer», el Lab adoptó como lema «demostrar o morir».

El entorno físico del Lab alentaba este sistema de pensamiento poco convencional. Situado en un edificio diseñado por el arquitecto I. M. Pei, galardonado con el premio Pritzker, el Media Lab abanderó el concepto de jardines de ordenadores abiertos con equipos en todas las mesas y un ecléctico conjunto de proyectos en curso a la vista. Diversas oficinas acristaladas rodeaban el perímetro de cada planta. Un laboratorio estaba lleno de piezas de LEGO, mientras que otro contenía el equipo holográfico más sofisticado. Los visitantes venían a ver no solo lo que hacían los investigadores del Lab, sino también *cómo* lo hacían.

El núcleo inicial de las investigaciones del Lab se representaba a menudo como un diagrama de Venn en el que confluían las publicaciones, el cine y los ordenadores. Desde los primeros días, hubo un claro interés por acercar la informática a la gente, en un tiempo en el que nadie pensaba en términos de equipos *intuitivos* o en la necesidad de adaptar las máquinas a los métodos humanos.

Durante su segunda década, las prioridades de investigación del Lab llevaron a un nuevo diagrama de Venn que mostraba la convergencia de la computación perceptiva, el aprendizaje y el sentido común, y la información y el entretenimiento. Los segmentos que se solapaban se denominaban interactuar, jugar y expresar, y el Media Lab aparecía en el centro de esta convergencia.

Por primera vez, la idea de los sistemas intuitivos para el usuario se extendió de forma generalizada. El Lab amplió sus intereses para centrarse de una forma más abierta en la computación omnipresente y ubicua. El centro empezó a intentar fusionar el mundo físico y el virtual, e inició trabajos dirigidos a integrar las tecnologías digitales emergentes en los objetos cotidianos. El Media Lab comenzó a presentar conceptos tan aparentemente extravagantes como un frigorífico que podía avisar cuando quedaba poca leche o un coche que daba indicaciones a un conductor o recordaba un buen restaurante por el que se iba a pasar de camino a casa. Durante todo ese tiempo, el Lab también fue pionero en el desarrollo de la computación que el usuario podía llevar encima, basada en la idea de que podíamos colocarnos los bits en la ropa o guardarlos en el bolso. También realizó investigaciones rompedoras en el ámbito de los medios sociales y tangibles, y mejoró la expresión individual y comunitaria y las conexiones sociales.

Ya en nuestra tercera década, hemos convertido el aumento digital de los humanos en uno de nuestros temas principales de investigación. En algún punto de nuestras vidas, casi todos nosotros sufriremos alguna discapacidad fundamental, de la demencia senil a la pérdida de una extremidad o a una enfermedad debilitante como el Parkinson. Sin duda, estos enormes desafíos físicos y mentales son inherentes a la condición humana. Pero el Lab no cree que tengamos que aceptar la definición actual de discapacidad. En lugar de eso, nos planteamos las siguientes preguntas: «¿Y si con la invención de nuevas tecnologías pudiéramos mejorar de un modo profundo la calidad de vida de aquellas personas que padecen discapacidades físicas, cognitivas o emocionales reduciendo a la vez considerablemente los costes sanitarios? ¿Y si la capacidad natural fuera solo el punto de partida y la capacidad mejorada se convirtiera en la norma?».

BBVA

Crear abundancia mediante la aplicación de una disciplina de la innovación

Curtis R. Carlson
SRI International

LA ECONOMÍA DE LA INNOVACIÓN

La innovación es la creación e introducción de valor nuevo para el cliente en el mercado¹. Constituye el único camino para el crecimiento, la prosperidad, la sostenibilidad medioambiental y la seguridad (Carlson y Wilmot, 2006). Los países desarrollados ya no pueden seguir compitiendo por medio de la contratación de mano de obra barata o por su mayor capacidad de acceso al capital, que hoy circula libremente por el mundo. Deben crear un entorno que promueva una innovación continua y eficiente. Es la única manera de que los países desarrollados sigan siendo productivos y competitivos y, con ello, de que aumenten las rentas personales y se consigan altos índices de empleo.

Actualmente muchas compañías muestran un bajo nivel de innovación. Si quieren prosperar, las empresas necesitan nuevos horizontes y habilidades para la innovación. Deben asumir una visión más amplia y completa de sus oportunidades de creación de valor para el cliente. Esta visión más amplia hace hincapié en la importancia que tiene la creación continua de valor en *todas las secciones* de la empresa para seguir siendo competitiva. Con dichas habilidades, el futuro se puede contemplar como un periodo de abundancia (Carlson y Wilmot, 2006: 22), pero sin ellas puede entenderse como un periodo de escasez.

No cabe duda de que la innovación ha sido siempre el motor del progreso y de la productividad (Ridley, 2010). Lo que hoy es diferente es la intensidad de los progresos innovadores que se necesitan para sostener las empresas y la competitividad nacional. En concreto, la economía de la innovación se caracteriza sobre todo por poseer los tres atributos siguientes (Carlson y Wilmot, 2006: 26; partes de este artículo se han resumido de Carlson y Schaufeld):

Abundancia de oportunidades. Esta es una época de oportunidades sin parangón. Prácticamente la totalidad de los principales campos de actividad está experimentando un avance tecnológico cada vez más rápido. El progreso se sucede a menudo a un ritmo exponencial y en su marco se están produciendo mejoras del 100%, al mismo coste y en periodos de tiempo que pueden oscilar tan solo entre los doce y los cuarenta y ocho meses (Kurzweil, 2005). La ley de Moore-Engelbart², que establece la velocidad a la que aumentan los ordenadores de potencia, es el ejemplo más conocido de esta propiedad. Pero esta mejora rápida y en progresión exponencial se está observando también en muchos otros campos, alimentada cada vez con mayor frecuencia por ideas y bits y no solo por materia y músculo. La idea novedosa se ha convertido en la moneda de curso legal en la economía de la

¹ Una definición más general y completa sería la siguiente: «La innovación es la creación e introducción de nuevo valor para el cliente en el mercado. Las innovaciones prosperan únicamente si proporcionan suficiente valor a la empresa que justifique la continuidad de su producción».

² Markoff (2005), cuenta que Moore asistió a una conferencia de Douglas Engelbart sobre las causas por las que, debido a la aplicación de principios básicos de progresión, los ordenadores podrían mejorar a esas velocidades. Moore dio forma posteriormente a los datos y formuló la ley que ahora lleva su nombre.

innovación, y constituye un recurso abundante e ilimitado.

Estas mejoras rápidas y continuas ofrecen una gran oportunidad tras otra. Sea en el campo financiero, en la medicina, en los medios audiovisuales e impresos, en la energía, en la electrónica de consumo, en la informática o en las comunicaciones, nunca ha habido mejor momento para la creación de grandes innovaciones. Es, en potencia, una época de gran prosperidad, aunque solo si plantamos cara y nos enfrentamos al reto de la innovación.

Veamos, por ejemplo, el acceso a los servicios financieros. Para la mayoría de los consumidores, el conocimiento necesario para comprender y acceder a la amplia oferta de servicios en este campo resulta abrumador, pero son cada vez más numerosos los *asistentes* informáticos que ayudan a los clientes con las distintas opciones. Ya pueden encontrarse versiones rudimentarias de estos asistentes informáticos en los teléfonos móviles, pero pronto se harán más «inteligentes» y permitirán la realización de gran cantidad de operaciones bancarias de una forma instantánea y cómoda.

Creación y destrucción de empresas. Como acabamos de decir, el progreso exponencial crea grandes oportunidades, pero también grandes retos. Una empresa que no innova a la velocidad de su mercado y no se adapta al cambio tecnológico acabará desapareciendo. El acortamiento de la vida de las empresas incluidas en el índice S&P 500 nos indica que pocas de ellas avanzan al compás del cambio (Foster y Kaplan, 2001). El *empleo de por vida* se ha convertido en una idea lejana y utópica en muchas partes del mundo³ y, si nos fiamos de lo que nos dice el pasado, surgirán nuevos jugadores que conocerán estas oportunidades y se moverán con rapidez para desplazar a los líderes de hoy. Un ejemplo de ello es lo que está sucediendo con las librerías tradicionales, a las que están sustituyendo distribuidores minoristas que operan en la red, como es el caso de Amazon.com, y los lectores de libros electrónicos del tipo de Kindle. Un destino

similar aguarda a las empresas de alquiler de vídeos, como Blockbuster, que está al borde de la quiebra y ve cómo la que fue su ventaja de ladrillo y cristal se desmorona literalmente ante sus ojos. ¿Sucederá esto también con la banca tradicional? Existen ya muchas empresas —PayPal, por citar una— que están tratando de ocupar el lugar de los bancos de siempre en sus procesos operativos⁴.

Al mismo tiempo, la oportunidad de crear compañías líderes en el mundo nunca ha sido mayor. Google nació hace poco más de diez años, creada por dos estudiantes que tenían una idea. Hoy, es una compañía que vale 144.000 millones de dólares y domina su sector. AOL, Yahoo, eBay y Amazon tuvieron un origen similar. Podemos decir, sin demasiado temor a equivocarnos, que los *viejos* sectores de los medios de comunicación, la banca, la industria farmacéutica, la educación, la energía y tantos más, están destinados a seguir el bien conocido camino de la destrucción creativa, para después resurgir como sectores nuevos e influyentes.

Intensa competencia global. El mundo ya no tiene fronteras y la competencia crece a una velocidad sin precedentes. Todas las empresas de cierta importancia deben ahora pensar y actuar de forma global en nuestro *mundo plano*, en el que ideas y dinero viajan a la velocidad de la luz (Friedman, 2005). Países como India y China están dejando de ofrecer únicamente mano de obra barata, porque ahora pueden utilizar en su beneficio todos los conocimientos del mundo. Están incorporando ideas de negocio y tecnologías de eficacia probada en sus países y las están adaptando a los mercados regionales. Puede afirmarse que China es ya el país número uno del mundo en innovación. Adquiere negocios consolidados de Occidente, los modifica para adaptarlos al ecosistema chino y, al mismo tiempo, desarrolla nuevos productos, servicios y modelos de producción. En 2010 China superó a Japón en la cifra de PIB (Hosaka, 2010) y es ya el mercado automovilístico de mayor dimensión y más rápido crecimiento del mundo⁵.

³ La *velocidad* del avance tecnológico, a un ritmo exponencial, implica también la *aceleración* del avance tecnológico a un ritmo exponencial. Es un fenómeno que invita a la reflexión y un hecho cuyas consecuencias para personas, empresas y naciones son imposibles de apreciar en su integridad.

⁴ Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/PayPal>

⁵ «How China will Change the Cars America Drives», Motor Trend, 25 de abril de 2010, <http://mt.kargo.com/v/News/HowChinaWillChange/?KSID=3189d3546687c862a6eebeb2eaf0ef7b>

Debe tenerse también en cuenta que, aunque solo sea por el número de su población, China tiene potencial para producir más estudiantes sobresalientes que el total de estudiantes de Estados Unidos⁶. No sorprende demasiado que China e India juntas produzcan cada año un número de licenciados en ingeniería y ciencias diversas más de diez veces superior al de Estados Unidos y, a pesar de que la calidad de los licenciados estadounidenses sigue poniendo a este país en vanguardia, es posible que esta ventaja no dure mucho (Wadhwa, 2005). En India y China, un ferviente deseo de educación sumado a una prodigiosa ética del trabajo y a una cultura emprendedora constituyen una base sólida para un rápido progreso.

Debemos, no obstante, ir con cautela a la hora de predecir las perspectivas a largo plazo de China, ya que no tenemos un acceso total a la información sobre su economía ni capacidad para predecir la trayectoria futura de su sistema político (Friedman, 2009). India, pese a todo lo que promete, debe resolver antes serios problemas de infraestructura, medio ambiente y gobernabilidad (Kapoor, 2010). Es evidente, sin embargo, que los niveles de competencia han crecido a nivel global. Imaginemos solo lo que podría ser la competencia en el ámbito internacional si los cerca de cuatro mil millones de personas que hoy viven en la pobreza en toda India, China y los demás países en desarrollo se incorporaran plenamente a la economía mundial y aportaran sus ideas, su energía y su genio innovador.

Otras cuestiones. La economía de la innovación tiene otros retos especiales. No solo aumentan los costes medioambientales, sino que, además, se mantienen los ocasionados por la lucha contra el terrorismo, que detrae recursos de otras actividades. Es imposible prever las consecuencias de futuros actos terroristas en las sociedades libres, desde el recorte de las libertades personales a la restricción de las relaciones de negocios. A ello hay que sumar que, aunque en 2010 el mundo está saliendo de un periodo de caos financiero, sigue siendo una incógnita si los cambios institucionales realizados

en respuesta a la crisis serán una ayuda o, por el contrario, un obstáculo al crecimiento futuro⁷.

Por último, se están produciendo grandes cambios demográficos en todo el mundo, cuyas consecuencias no se conocen por completo. Por ejemplo, en Alemania, Francia, Italia, Japón, Corea, Singapur y muchos otros países desarrollados las poblaciones autóctonas están retrocediendo entre el 25% y el 50% en cada generación⁸. Este fenómeno está también dándose en China por efecto de la política de un hijo por familia. En el futuro, sin políticas eficaces de inmigración, es posible que haya muchos menos trabajadores en estos países para soportar los costosos servicios sociales que requerirá una población cada vez más envejecida.

Por todas estas razones, si queremos prosperar debemos mejorar de manera significativa nuestro índice de éxito en todas las formas de innovación. Es el *único* factor que puede contrarrestar eficazmente el rápido aumento de los costes y otros complejos desafíos. En cuanto a la dirección de las empresas, la economía de la innovación obliga cada vez más a sus gestores a cambiar el foco de atención, a pasar de la mejora gradual de los activos actuales, a la creación de nuevos productos y servicios de alto valor. La vertiginosa velocidad del cambio en tecnologías y mercados exige este nuevo énfasis.

LA OPORTUNIDAD DE MEJORAR EL RENDIMIENTO

La innovación despierta hoy mucho interés. Una búsqueda en Google del término *innovación* producirá más de cien millones de resultados. El concepto se ha convertido en fuente de teoría, investigación, ensayos y debates sin fin en la prensa y son legión los consultores, las publicaciones y las conversaciones en público acerca de las virtudes de la innovación como estrategia. En Estados Unidos el gobierno ha creado un nuevo Consejo Nacional, dedicado a la Innovación y la Actividad Emprendedora⁹.

Pero sigue faltando algo. Michael Mandel, economista jefe de la revista *Bloomberg BusinessWeek*, se pregunta por qué, con toda nuestra

⁶ Para conocer más datos estadísticos sobre población véase el *CIA Fact Book* en <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>

⁷ Del mismo modo, la actual comunidad de usuarios de Internet, que asciende a 1.500 millones, pasará a integrar en solo unos pocos años un gran porcentaje de la población mundial, de 7.000 millones. Sin embargo, las conexiones de usuarios particulares son solo uno de los factores importantes. Con el tiempo se irán incorporando nuevas aplicaciones informáticas a la red y se ejecutarán a una velocidad millones de veces superior a la actual. Se multiplicarán los sistemas de todo tipo —operaciones financieras, servicios al consumidor, sistemas de diseño de producción, etc.— y serán de tal diversidad y complejidad que ninguna persona o empresa será capaz de comprenderlos en su totalidad. De hecho, el comportamiento de estos sistemas no será lineal e interactuarán de formas que todavía no pueden ni comprobarse ni imaginarse. Dada esta complejidad, el gran número de piratas informáticos y los delincuentes respaldados por naciones que trabajan para destruir o robar valor, cabe esperar que cada vez sean más frecuentes los *cisnes negros*. (Taleb, 2007).

⁸ «Population Decline», *Wikipedia*, http://en.wikipedia.org/wiki/Population_decline

⁹ El autor del presente artículo, Curtis R. Carlson, es miembro de este Consejo. V. <http://www.commerce.gov/news/press-releases/2010/07/13/locke-announces-national-advisory-council-innovation-and-entrepreneur>

plétora de nanotecnología, biotecnología, robótica, inteligencia artificial y otras tecnologías, no estamos viendo un mayor impacto en el mercado (Mandel, 2009). Se pregunta también por qué no tenemos mejores herramientas para cuantificar el progreso. Es cierto que contamos con indicadores para medir resultados, como, por ejemplo, el número de ofertas públicas iniciales, el precio de las acciones, el crecimiento de las empresas y la cuota de mercado, pero, en su opinión, estos indicadores no son completos porque no miden ni la capacidad innovadora ni la eficiencia. Medir el número de patentes o de publicaciones no ha resultado tampoco especialmente eficaz.

La producción del mercado es la única medida verdadera de la eficacia innovadora. No obstante, el progreso, la capacidad y la eficiencia de la innovación pueden medirse utilizando las propias *creaciones* de la innovación y, entre ellas, los conceptos y procesos principales que se describen algunas líneas más adelante. El proceso de innovación adquirirá mayor rapidez y tendrá más éxito una vez que se conozcan y apliquen de manera generalizada esos conceptos.

Bajo rendimiento innovador. La duración de la vida de las mayores empresas de Estados Unidos se está reduciendo con rapidez. A principios del siglo XX una empresa grande podía permanecer en el índice S&P 500, que reúne a las mayores empresas estadounidenses, durante más de setenta y cinco años antes de su venta o su disolución. Hoy, el tiempo medio de vida de este grupo de empresas de élite ha retrocedido a menos de veinte años (Foster y Kaplan, 2001; Carlson y Wilmot, 2006: 34). Estas empresas, pese a todas sus ventajas, se están quedando atrás, como dinosaurios cuya dimensión, que en su día representara una ventaja, se ha convertido en un inconveniente, ya que frena mortalmente su capacidad de adaptación. En la actualidad, se necesitan procesos y arquitecturas organizativas diferentes para sobrevivir.

Pensemos también en el índice de éxito de los productos nuevos en el sector de la distribución minorista de alimentación, que se mueve tan

solo entre el 20% y el 30% (Stone, 2008). ¿Fracasan por la aplicación de una mala tecnología o por falta de ideas inteligentes? No se debe a ninguna de estas dos razones. Simplemente no salen adelante porque los clientes no los quieren. Incluso en Silicon Valley, de lejos la región del mundo que mayor número de nuevas aventuras empresariales emprende, solo una de cada siete o diez nuevas empresas tiene verdadero éxito. ¿En qué otra actividad podría considerarse esto un buen rendimiento?

Puede darse un ejemplo tras otro de fracaso de la innovación. La cita siguiente es indicativa del problema: «Si le preguntas a un director general si el mundo se está moviendo más deprisa y si necesitan innovar más deprisa, te contestará que sí. Pero si le pides a un empleado de esa empresa que describa su sistema de innovación, no sabrá qué contestar. No tienen ninguno» (Carlson y Wilmot, 2006). Mi organización, SRI International, ha trabajado con cientos de empresas y organizaciones, y también hemos observado eso. La mayoría de las organizaciones no cuenta con sistemas o procesos generales de innovación. Si los profesionales de una empresa no pueden describir los procesos de innovación de esta, es evidente que no tiene ninguno.

Los programas universitarios de transferencia de tecnología dan también a menudo una imagen decepcionante como generadores de valor de su propiedad intelectual e industrial (Mitchell), gran parte de la cual cae en terreno baldío. Sin duda, las universidades no han sido concebidas para crear innovaciones. Su misión es impartir formación y generar nuevos conocimientos. Sin embargo, las universidades han dado un planteamiento erróneo a sus programas de transferencia de tecnología. Si algo sabemos sobre innovación es que el modelo de *empuje de la tecnología* no funciona. El objetivo debe ser siempre el *tirón de la demanda*, es decir, el que tiene en cuenta las necesidades del mercado. Y las iniciativas de transferencia de tecnología seguidas por las universidades se mueven, en su mayor parte, dentro del modelo que parte, no de

esas necesidades, sino del descubrimiento científico. Para que estos programas mejoren, deben cambiar de enfoque y crear incubadoras que se centren en la *creación de valor*, es decir, que vinculen formal y sistemáticamente las necesidades del mercado con las nuevas soluciones.

Es muchísimo lo que se pierde con estos fracasos. Los escasos resultados que consiguen actualmente las innovaciones son equiparables a la baja calidad y el alto coste de los productos en la década de 1950. Pero imaginemos por un instante que pudiéramos mejorar el rendimiento de nuestra capacidad de innovación aunque solo fuera en un pequeño porcentaje cada año. Con el tiempo, el impacto positivo de estas mejoras en las empresas y las economías nacionales sería enorme.

VALOR: NO SOLO COSTE Y CALIDAD

Ahora que hemos visto cuál es la dinámica de la economía de la innovación, ¿están preparándose de verdad las empresas y sus fuerzas de trabajo para competir? Las empresas que no refuercen y amplíen sus procesos de innovación no sobrevivirán. Al contrario, las personas que dominen esas habilidades tendrán un valor incalculable. Para conocer el potencial que tiene la economía de la innovación para la mejora, resulta útil estudiar un ejemplo de un periodo económico anterior que ilustra las enormes mejoras que son posibles cuando las personas trabajan de forma más productiva.

En las décadas de 1960 y 1970 Estados Unidos fue desbancado por Japón de su puesto de liderazgo como fabricante de productos de calidad. Después de la Segunda Guerra Mundial, la etiqueta *Made in Japan* se asociaba con artículos de bajo coste, pero las empresas japonesas estaban decididas a eliminar esa percepción y lo consiguieron adoptando el sistema de Gestión Total de la Calidad (TQM), del que fueron pioneros W. Edwards Deming (1986) y Taiichi Ohno, de Toyota (Ohno, 1988). Estos innovadores demostraron que, trabajando de una forma nueva, más productiva, basada en los principios fundamentales de mejora, las empresas podían incrementar

extraordinariamente la calidad y, además, reducir de igual modo los costes. Con innovaciones destinadas a la simplificación del proceso industrial, Toyota se convirtió en el líder mundial de calidad en el sector automovilístico y, finalmente, en el número uno de las compañías del sector¹⁰.

Al principio, Estados Unidos y otros países desarrollados hicieron caso omiso del modo de trabajo, nuevo y revolucionario, introducido por Japón, creyendo que la alta calidad solo se consigue a un alto coste. La idea de que la aplicación rigurosa de unos pocos conceptos fundamentales de mejora continua pudieran mejorar extraordinariamente tanto la calidad como el coste parecía una locura. El resultado fue la desaparición, durante los años siguientes, de muchas empresas estadounidenses y cientos de miles de puestos de trabajo en ese país. Se escribió multitud de libros y artículos en ese tiempo sobre el final de la «era americana» (Dowd, 2007; Vogel, 1979). Después de mucho sufrimiento económico y social, Estados Unidos acabó adoptando estas formas de trabajo más productivas, como también lo hizo el resto del mundo. Actualmente, toda compañía industrial de cierta importancia utiliza alguna versión de los principios de mejora continua de TQM.

Este sistema ha sido tan eficaz que hoy coste bajo y calidad alta son los requisitos que debe cumplir la mayoría de los nuevos productos para acceder al mercado. Las empresas deben situarse actualmente en una definición más amplia de valor para el cliente. La economía de la innovación exige alta calidad y bajo coste, pero también que presentemos nuevos productos y servicios más cómodos, con mayor número de prestaciones, con capacidad de personalización, diseño y control de usuario, entre muchas otras formas de añadir valor para el cliente. Exige, además, que adoptemos ese mismo enfoque para los demás aspectos de la empresa: la fabricación, la distribución, la comercialización, los recursos humanos, los sistemas financieros, los servicios legales y las tecnologías de la información.

¹⁰ «Toyota Motor Corporation», *New York Times*, 15 de julio de 2010. http://topics.nytimes.com/top/news/business/companies/toyota_motor_corporation/index.html

NUESTRA FORMA DE TRABAJAR ES LA INNOVACIÓN MÁS IMPORTANTE¹¹

¿Podemos, como Deming y Ohno, mejorar de forma extraordinaria los resultados desarrollando y utilizando modos más productivos de trabajo? En SRI estamos absolutamente convencidos de que es posible mediante la aplicación general de los principios fundamentales de la innovación, cuyo conocimiento y aplicación no están hoy demasiado extendidos. A pesar de ser grande el interés por la innovación, los conceptos y las mejores prácticas en este campo siguen en pañales. Es como la disciplina de la TQM antes de que Deming y Ohno codificaran y divulgaran las ideas nucleares de este sistema (Shewhart, 1931).

Para comprobar el grado de conocimiento de la actividad innovadora no hay más que preguntar a directivos veteranos la definición de innovación. La respuesta más habitual incluirá términos como creatividad, trabajo en equipo, propiedad industrial o intelectual, ideas novedosas o espíritu emprendedor. Pero estas definiciones son incompletas y dan lugar a confusión e ineficiencia. Cada empresa debe tener un completo *cuaderno de estrategias para la innovación*, y pocas tienen uno hoy en día.

Una definición completa de innovación es la siguiente: «La creación e introducción de nuevo valor para el cliente en el mercado. Las innovaciones prosperan únicamente si proporcionan suficiente valor a la empresa que justifique la continuidad de su producción»¹². Un producto o un servicio puede ser ingenioso o creativo, pero si los clientes del mercado no lo utilizan, no es una innovación. Un ejemplo que ilustra de forma palpable esta afirmación puede verse en la Oficina de Patentes de Estados Unidos, que ha concedido hasta la fecha más de cuatro mil patentes de trampas para cazar ratones (Hope, 1996) de las cuales solo unas veinte han dado dinero alguna vez¹³. Tal vez las demás representen ideas creativas y bien resueltas, pero no son innovaciones. A menos que la empresa obtenga suficiente valor por fabricar el producto o prestar el

servicio, rápidamente desaparecerá y dejará de ser una innovación¹⁴.

Las innovaciones pueden ser pequeñas y transitorias, como el teléfono plano RAZR de Motorola, o grandes y duraderas, como la bombilla de Thomas Edison, el ratón y la interactividad en ordenadores desarrollados por Douglas Engelbart (Nielson, 2006)¹⁵ o Internet. Cualquiera que sea la magnitud de una innovación, por sí misma o por acumulación, es posible que con el tiempo la suma de innovaciones llegue a crear un extraordinario valor nuevo para el cliente.

Comparemos el Modelo T de Ford con los automóviles de hoy. Los dos son, desde luego, medios de transporte, pero los automóviles actuales incorporan una enorme cantidad de innovaciones, pequeñas y grandes. Se necesitaron decenas de miles de pequeñas innovaciones para conseguir la excelente calidad, durabilidad y fiabilidad de los coches de hoy. Asimismo, muchos de los automóviles de hoy incluyen además innovaciones de mayor envergadura, como el aire acondicionado, la radio AM-FM por satélite, los airbags, los cinturones de seguridad, los sistemas de navegación GPS, los sistemas de comunicación¹⁶ y los controles de contaminación. Y, a diferencia del Modelo T, que solo se ofrecía en negro, se puede seleccionar entre una amplia gama de colores.

Producto, no solo factores. Es importante concentrar los esfuerzos en los resultados —es decir, las innovaciones— y no confundirlos con los ingredientes necesarios para alcanzarlos. Conceptos como espíritu emprendedor, creatividad, colaboración, propiedad intelectual e industrial y habilidades de negocio son factores que conducen a la generación de nuevas innovaciones. El objetivo no es adquirir espíritu emprendedor por sí mismo (es decir, el conjunto de competencias, actitudes y comportamientos que contribuyen a que su poseedor tenga más éxito en la actividad innovadora); el objetivo es la innovación.

Utilizar los términos equivocados para describir la innovación puede crear confusión, limitar el éxito y quitar la ilusión de implicarse de

¹¹ Cita de C. R. Carlson sobre las prácticas de innovación de SRI, «Nuestra forma de trabajar es nuestra innovación más importante».

¹² Esta definición es ligeramente diferente de la dada en Carlson y Wilmot 2006: 6, pero el significado es esencialmente el mismo.

¹³ Véase <http://uh.edu/engines/epi1163.htm>

¹⁴ Por valor suficiente se entiende que los fabricantes puedan recuperar sus inversiones o encuentren la manera de que se subvencione su esfuerzo. Las compañías aéreas, que han acumulado resultados financieros negativos a lo largo de toda su historia, sobreviven únicamente gracias a las subvenciones oficiales y a las inversiones que algunos particulares siguen realizando en ese sector. Wikipedia es otro caso interesante. En esta ocasión el subsidio llega en forma de tiempo de dedicación de personas que deciden poner a disposición del mundo sus conocimientos sobre un tema que les interesa. También lo es el del *software* de código abierto. Son muchas las formas de hacer perdurar una innovación, al margen del beneficio financiero que puedan producir a la empresa. Evidentemente, la mayoría de las innovaciones son transitorias, pero algunas, como la rueda, se mantienen mucho tiempo. La importancia de la innovación determina sin duda su longevidad, el número de personas a las que aporta valor y el valor económico total que genera. Esa es la razón de que se siga pensando en la rueda como una de las innovaciones más importantes del mundo, junto con el lenguaje y la elaboración de los alimentos. En la época actual, muchos piensan que es Internet la innovación más destacada. En http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_historic_inventions puede consultarse una interesante lista de las principales innovaciones del mundo.

lleno. Por ejemplo, después de dar una charla sobre innovación ante un numeroso grupo de representantes del mundo académico, el jefe de un departamento universitario de ingeniería mecánica comentó: «Esa charla cambió mi vida» (Carlson, 2008). Cuando se le preguntó la razón, explicó: «Porque me han pedido que enseñe espíritu emprendedor y yo no me considero un emprendedor; no es lo que soy, no forma parte de mi identidad. Enseñar espíritu emprendedor siempre me ha hecho sentir incómodo. Pero soy un apasionado de la innovación. Por eso hice el doctorado, me hice profesor y acepté trabajar como jefe de un departamento. Ese es también el motivo de que me guste mucho enseñar a mis alumnos, para que se hagan innovadores y realicen también valiosas contribuciones. Ahora me doy cuenta de que puedo impartir estos cursos con entusiasmo utilizando los nuevos conocimientos que ustedes nos han dado hoy». Esta actitud es muy frecuente entre los profesionales técnicos, sea en una universidad, una empresa o una administración pública.

Conocimiento innovador. Muchos miles de ejecutivos, jefes técnicos, académicos y empleados públicos de todo el mundo han acudido a la sede de SRI International en Menlo Park, California, para participar en un programa titulado SRI Five Disciplines of Innovation™¹⁷ (las Cinco Disciplinas de la Innovación de SRI). El programa comienza pidiendo a los participantes que escriban sus respuestas a una serie de preguntas, entre ellas: «¿Cómo definiría innovación, valor para el cliente y propuesta de valor?». Estos son algunos de los conceptos más básicos de cualquier negocio. Lo extraordinario es que solo cerca del 20% de los participantes sabe dar una respuesta razonable a estas preguntas al inicio del programa. Por la falta de un lenguaje común y preciso para expresar los conceptos más básicos de la innovación, sus decisiones estratégicas y sus interacciones diarias son a menudo confusas e ineficientes. Es evidente que estas ideas básicas no se enseñan o adquieren de forma general¹⁸.

Fundamentos de la innovación. Muchos autores han contribuido con ideas excelentes sobre la forma de analizar y mejorar el éxito innovador (Drucker, 1993; Christiansen, 1997; Moore, 2002; y Porter, 1998) por citar algunos. Entre muchos otros, han abordado conceptos tan importantes como *cruzar el abismo*, *innovación abierta* o *clusters industriales*. Estos conceptos, sin embargo, se aplican mejor después de que hayan quedado claros los principios fundamentales de la innovación. En el libro *Innovation: The Five Disciplines for Creating What Customers Want* se describe un conjunto de disciplinas fundamentales, utilizadas por SRI y muchos de los que aplican su metodología (Carlson y Wilmot, 2006: 20). Estas son las cinco disciplinas de SRI :

1. Importancia de las necesidades del cliente y el mercado
2. Creación de valor
3. Defensores de la innovación
4. Equipos de innovación
5. Alineación organizativa

Cada una de estas disciplinas describe una serie de conceptos y mejores prácticas que incrementan la probabilidad de éxito innovador. Estas disciplinas han demostrado su eficacia, con la seguridad que dan sus numerosísimas aplicaciones y su exhaustiva verificación empírica a lo largo de muchas décadas¹⁹. Proporcionan un foco centralizado de atención —las necesidades de los clientes, tanto externos como internos— y ofrecen un lenguaje, conceptos, herramientas y procesos comunes para la rápida amplificación del proceso de creación de valor. SRI está convencido de que estas cinco disciplinas tienen de verdad un efecto multiplicador. Si una empresa tiene un *cero* en cualquiera de ellas, la probabilidad de éxito será también cero. Si varias de ellas son aplicadas de una manera deficiente, el potencial innovador de la empresa quedará reducido de forma significativa.

Creación de valor. No podemos hacer en esta sección una descripción completa de las cinco disciplinas, pero sí de algunos elementos de la *creación de valor* que nos sirvan para ilustrar

¹⁵ Véase también http://www.sri.com/about/history/nielson_book.html

¹⁶ Como el *OnStar* de General Motors.

¹⁷ SRI International <http://www.sri.com>

¹⁸ La economía de la innovación exige cambios también en los planes de estudios, con la inclusión, por ejemplo, de un conocimiento más completo de la innovación, que reúna conceptos empresariales fundamentales y una perspectiva global. Los licenciados de hoy deben saber redactar con claridad y hacer presentaciones impactantes, algo que ha cobrado hoy incluso mayor importancia. Por último, deben tener las competencias y los valores necesarios para una colaboración productiva y multidisciplinar.

¹⁹ Uno de los que ha contribuido con mayor lucidez a nuestra comprensión del proceso de creación del conocimiento ha sido Douglas Engelbart, el inventor del ratón del ordenador y el creador de los fundamentos del ordenador personal en SRI en 1967 (Carlson y Wilmot 2006: 169; y <http://dougengelbart.org/>).

diferentes principios básicos. En la sección titulada «Caso práctico: el viaje de SRI» se abordarán brevemente las otras cuatro disciplinas y su aplicación.

El desarrollo de una nueva innovación no es un hecho aislado; es un *proceso* que requiere la creación de conocimientos nuevos, es decir, *creación de valor*. Se trata, pues, de un proceso, como se ilustra en el gráfico 1, en el que el nuevo conocimiento en A se aplica con el fin de satisfacer la necesidad de un cliente en B, para crear un producto o un servicio nuevo. De B a C la empresa genera beneficio, aunque con el tiempo el producto o servicio se hará obsoleto y deberá repetirse el proceso de creación de valor.

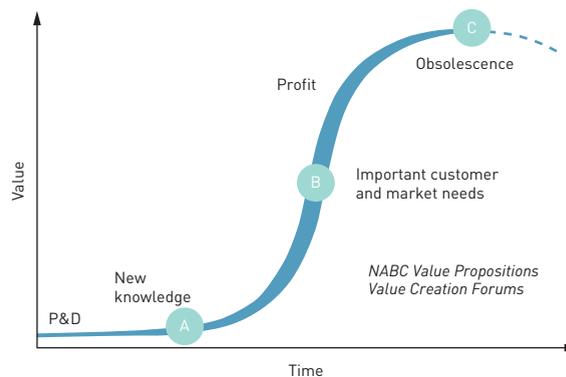
Todas las innovaciones requieren la conexión entre A y B. Este proceso es muy difícil y deben invertirse en él grandes dosis de conocimientos, esfuerzos y tiempo para desarrollar una solución de alto valor que resulte atractiva. A menudo este proceso recibe el nombre de *Valle de la Muerte*, por la dificultad de su comprensión y de su recorrido (Taylor *et al.*, 2008). En cada paso deberán utilizarse las prácticas más eficientes y eficaces.

Dado que la conexión entre A y B es común a *todas* las innovaciones, cualquier avance que aumente la rapidez y el éxito del proceso es, en sí mismo, una innovación significativa: una *meta*innovación. Por ello decimos: «Nuestra forma de trabajar es la innovación más importante». Siguen a continuación algunos ejemplos de conceptos, herramientas y procesos que en gran medida incrementan la eficiencia innovadora y la probabilidad de éxito.

Propuestas de valor. El desarrollo de una nueva innovación comienza respondiendo a cuatro preguntas fundamentales, que definen la *propuesta de valor* de la innovación en proyecto:

1. ¿Cuál es la *necesidad* (*need*) importante del cliente y el mercado, no la que le resulta interesante a usted?
2. ¿Cuál es el nuevo *enfoque* (*approach*), único e indispensable, para satisfacer esta necesidad?

Gráfico 1. La creación de valor es un proceso en el que un nuevo conocimiento en A y una necesidad importante de un cliente y un mercado en B convergen para crear una innovación, la cual genera beneficio para la empresa en su transcurso de B a C. Tiempo después, el ciclo de vida del producto se completa, el producto queda obsoleto y es necesario crear un nuevo producto o servicio de mayor valor. El papel de la I+D es proporcionar conocimientos nuevos para satisfacer las necesidades importantes de clientes y mercados. Las herramientas y los procesos de innovación, tales como las Propuestas de Valor según el modelo NABC y los Foros de Creación de Valor, contribuyen a facilitar la creación de valor.



3. ¿Cuáles son los *beneficios* (*benefits*) *por coste*, específicos y cuantificables (es decir, valor para el cliente)²⁰ de ese enfoque?
4. ¿Por qué esos beneficios por coste son superiores a la *competencia* (*competition*) y otras alternativas?

Estas cuatro preguntas conforman lo que SRI denomina la propuesta de valor NABC (siglas de los términos ingleses *Need, Approach, Benefits per costs* y *Competition*) (Carlson y Wilmot, 2006: 85). *Toda* nueva innovación debe responder al menos a estas cuatro preguntas: son el mínimo absoluto que debe cumplir cualquier propuesta de nueva invención. Si, en lugar de ponernos a escribir un informe de 300 páginas, nos concentramos en estas cuatro preguntas, ahorraremos una enorme cantidad de tiempo; es evidente: en el comienzo de cualquier proyecto poco se sabe del cliente o del mercado; raras veces se han encontrado ya las mejores ideas y colaboradores para el enfoque; y, normalmente, se desconoce bastante la competencia y las alternativas a la

²⁰ El valor para el cliente se determina de dos maneras: Valor financiero = Beneficios – Costes y Valor de Percepción = Beneficios/Costes. (Carlson y Wilmot 2006: 79).

nueva idea. En estas circunstancias, es poco, o ninguno, el conocimiento que se puede tener de los posibles beneficios por coste.

Innovación por hipótesis. Una propuesta de valor comienza con una *hipótesis* inicial. Puede tratarse de una observación sobre una tendencia del mercado, un cambio de paradigma en la tecnología o una cualquiera de otras muchas consideraciones. Es la proverbial «bombilla que se enciende». Pero da igual lo brillante que haya podido ser ese destello de ingenio; es de prever que esta primera hipótesis esté equivocada y, desde luego, si acaba siendo una innovación importante, el producto o el servicio final será muy diferente de lo que se imaginó al principio.

SRI ha comprobado que *ninguna* de sus innovaciones más destacadas terminó donde había empezado²¹. Si se trata de una innovación de cierta envergadura, la razón de ello, como acaba de señalarse, es lo poco que se sabe al principio. Se empieza, pues, por una hipótesis; se reúnen y sintetizan datos; se elabora una nueva hipótesis y, a continuación, se reúnen y sintetizan más datos, para acabar creando una hipótesis más. Este proceso iterativo se sucede hasta que se encuentran respuestas sólidas a todos los elementos de la propuesta de valor. Hay que pasar por esta inexorable iteración para conseguir una propuesta de valor cuantitativa razonablemente buena. En esencia, los aspirantes a innovadores deben «fracasar rápido y fracasar a menudo para que el éxito llegue pronto»²². Esta cadena de repeticiones debe darse, al principio, diaria o semanalmente.

El método NABC dirige la atención de los innovadores en primer lugar a las cuestiones fundamentales, difíciles de responder. Se ahorra de esta manera una enorme cantidad de tiempo y esfuerzo que, por desgracia, se pierde en actividades inútiles de la mano de innovadores que carecen de la debida preparación. Una vez desarrollada la propuesta de valor NABC, se puede pasar a la fase siguiente y crear de manera eficiente un plan de innovación más detallado. El enfoque NABC es aplicable a todas las funciones

de una empresa, ya sean las dedicadas a I+D, el área financiera, RR.HH., gestión de marcas o desarrollo de productos nuevos. Y esto se debe a que, si tienes un cliente, interno o externo, puedes siempre crear más valor para él. Incluso para la investigación más básica, se debe poder contestar a esas cuatro preguntas fundamentales²³ y solo después de haberles dado respuesta se podrá desarrollar eficientemente un plan completo de innovación.

Presentaciones centradas en el enfoque. Cuando uno asiste a muchas presentaciones puede acabar frustrado, sin saber a ciencia cierta si lo que se presenta tiene o no importancia. La mayoría de ellas se centra en su *enfoque*, con poca información útil acerca del mercado, los clientes y los competidores. Proclaman que el mercado es inmenso, que al público le va a encantar el producto y que no existe ningún tipo de competidores o alternativas. Pero *siempre* hay competencia. Llamamos a estas las *presentaciones centradas en el enfoque*, pues giran, en su totalidad, en torno al planteamiento utilizado, es decir, la gran idea nueva del ponente. Para un posible financiador o socio las presentaciones centradas en el enfoque no tienen, esencialmente, ningún valor. Las cuatro preguntas fundamentales deben quedar respondidas de una forma clara, con información cuantitativa, para que puedan dar lugar a una conversación coherente sobre el valor potencial de una idea nueva. Las presentaciones centradas en el enfoque solo generan mucha confusión e ineficiencia.

Foros de creación de valor. Un proceso importante para acelerar la creación de valor y evitar las presentaciones centradas en el enfoque es aprovechar el *genio del equipo*. En SRI llamamos a estas reuniones *foros de creación de valor*²⁴. El objetivo es mejorar rápidamente las ideas innovadoras y crear propuestas de valor interesantes. Deben seguirse dos directrices básicas para hacer más productivas estas reuniones. La primera, que todos y cada uno de los miembros del equipo deben ponerse en pie y exponer ideas; no se permiten sujetos pasivos. Cada persona

²¹ Conversación con Norman Winarsky, vicepresidente de iniciativas empresariales y licencias de SRI International y su colega Vince Endres, de la Sarnoff Corporation (filial propiedad en su totalidad de SRI), 2010.

²² Existen muchas versiones de esta idea. Véase Kelley, Littman y Peters, 2001.

²³ Estas cuatro preguntas son casi idénticas a las formuladas por la agencia de inversiones estadounidense DARPA (Agencia para Proyectos Avanzados de Investigación en Defensa) en sus peticiones de propuestas.

²⁴ En Carlson y Wilmot, 2006: 101, se da a los foros de creación de valor el nombre de «Watering Holes» (centros informales de reunión), expresión muy ilustrativa que pierde algo de fuerza en su traducción a otros idiomas. Los foros de creación de valor se utilizan en toda SRI International para desarrollar innovaciones, desde nuevos fármacos contra el cáncer a nuevas compañías de *software* que operan en la red, así como en todo tipo de funciones internas de una organización.

ofrece una propuesta de valor NABC sobre su importante proyecto²⁵. Dedicar de cinco a diez minutos a la exposición de sus ideas y, cuando termina el tiempo, debe parar. Las presentaciones son breves para que los ponentes se centren en las cuestiones fundamentales, que son difíciles de responder. La segunda: los demás miembros del equipo deben exponer sus críticas a la presentación con el fin de establecer y reforzar lo que encuentran válido y sugerir formas de mejorarlo²⁶. El ponente escucha atentamente sin responder a los comentarios de los compañeros; las correcciones se podrán hacer más adelante para ahorrarle tiempo al grupo²⁷. Este sistema ha demostrado su eficacia en el ámbito de la empresa, la universidad y la administración pública, porque en todos ellos es necesario abordar las cuestiones fundamentales de una propuesta de valor NABC para cada nueva iniciativa.

La experiencia demuestra que después de tres o cuatro foros de creación de valor, entre medias de los cuales se recibe la colaboración de un socio, las mejoras conseguidas son impresionantes. Sin embargo, no hay que olvidar que, si la innovación es significativa, se necesitarán muchas docenas de reuniones antes de obtener las respuestas requeridas. Los foros de creación de valor permiten un rápido intercambio de ideas, durante el cual cada participante puede asumir el papel de modelo para los demás miembros del equipo. Asimismo, estas reuniones aprovechan la competitividad natural de los participantes, que les incentiva a mejorar rápidamente cada presentación.

¿Por qué un cuaderno de estrategias? El conjunto de conceptos y mejores prácticas en materia de innovación constituye un *cuaderno de estrategias* para los empleados²⁸. Sin él es casi imposible tener éxito de forma sistemática. Pensemos, por analogía, en los cuadernos de estrategias de juego de los equipos de fútbol. Ningún equipo profesional puede ganar sin ellos. En estos cuadernos se describen jugadas concretas, lo que va a hacer cada futbolista y cómo va a coordinar sus esfuerzos con los demás jugadores durante

el transcurso del partido. Estas jugadas se practican una y otra vez hasta que todos las conocen bien y pueden ejecutarlas con precisión. Para acelerar el aprendizaje, los entrenadores profesionales ayudan a los jugadores a conocer las jugadas y a aplicar las *mejores prácticas*. Cómo no, el cuaderno variará en función de los jugadores de que se dispone, de la competición y de las condiciones medioambientales. Una vez iniciado el partido, los jugadores deberán adaptar y modificar sus jugadas en respuesta a las circunstancias específicas del desarrollo de la competición y, además, tendrán que improvisar cuando fallen algunas de las jugadas previstas. Pero debido a que han practicado con diligencia durante muchos años, los jugadores tienen una reserva de *improvisaciones* posibles que son conocidas por sus compañeros de equipo y que tienen bastante posibilidad de éxito en diferentes situaciones.

No son muchos los que piensan en la innovación de esta manera, pero tener un cuaderno de estrategias permite la concentración de los esfuerzos de todos en unos mismos objetivos, ayuda al equipo a avanzar en la dirección correcta y coordina el trabajo del equipo. La innovación es, en muy gran medida, un deporte *de contacto* en equipo, en el que los jugadores deben ejecutar sus roles de una manera profesional y eficiente. Y, sí, también la competición en la que participa cada nueva innovación sigue una evolución propia, por lo que el equipo debe adaptarse e improvisar continuamente. Pero si el equipo está preparado y abierto a la adaptación, será mayor la probabilidad de conseguir los cambios necesarios para tener éxito. Muy pocas organizaciones utilizan un cuaderno de estrategias que recoja por extenso los conceptos y las mejores prácticas de la innovación, pero en las que sí lo tienen, estos cuadernos son de una calidad extraordinaria²⁹. Estas prácticas representan una importante fuente de ventaja competitiva para esas empresas.

Un laboratorio de innovación. Con sus socios en el ámbito de las empresas, la universidad y la administración pública, SRI ha sido responsable

²⁵ Un formato incluso mejor es el del «Elevator Pitch» (la conversación en el ascensor), que comienza con una introducción rápida para despertar el interés —la propuesta de valor NABC— y termina con una invitación a pasar a la acción, como, por ejemplo, la fijación de una fecha para una reunión más formal (Carlson y Wilmot, 2006: 128).

²⁶ Otra opción es que cada ponente comparta una nueva *mejor práctica de innovación* de valor para el equipo, a fin de transmitirle a este nuevos conceptos sobre innovación.

²⁷ Lo mejor es que alguien anote los comentarios y las opiniones para el ponente.

²⁸ Este concepto también procede de conversaciones personales con Pallab Chatterjee y el autor.

²⁹ Por ejemplo, SRI International, Medtronic, Ideo, Toyota y P&G.

de numerosas innovaciones que han cambiado el mundo y han generado muchos miles de millones de dólares en nuevo valor económico³⁰. SRI ha buscado a los mejores innovadores de todo el mundo y, en equipo con ellos, ha trabajado en multitud de proyectos y ha desarrollado nuevos conceptos y mejores prácticas en el campo de la innovación.

SRI es un caso excepcional, por ser, al mismo tiempo, una organización generadora de innovaciones y un *laboratorio de mejores prácticas* en materia de innovación, en el cual se han desarrollado y comprobado los conceptos tratados en párrafos anteriores con miles de colegas, dentro y fuera de SRI. SRI ha descartado aquellas prácticas que son ineficaces y conservado las que funcionan. La mayoría de las ideas probadas no resultaron eficaces bien porque eran demasiado complejas o bien porque no eran útiles; podrían parecer válidas en un entorno académico, pero no lo eran cuando venían a ser aplicadas por profesionales para la resolución de problemas reales. La lección que una y otra vez ha extraído SRI es que son los conceptos fundamentales, los nucleares, los que marcan la mayor diferencia en el éxito y la pervivencia de una innovación. SRI ha comprobado también, trabajando con docenas de compañías líderes de todo el mundo, que pocas empresas intentan siquiera aplicarlos con seriedad. Los conceptos parecen fáciles de comprender, pero eso no significa que lo sean, porque no lo son. Solo pueden ser comprendidos con su aplicación reflexiva, enérgica y sistemática.

Cambio en el papel de la función de gestión. La economía de la innovación exige que la actividad gestora vuelva a configurar ciertos elementos de su función. Veamos primero, como caso extremo, el de Henry Ford. Su sistema inicial de gestión seguía rígidamente el enfoque de arriba abajo. Ford quería tomar prácticamente todas las decisiones importantes relativas a su empresa. Tenía incluso detectives que vigilaban a sus directivos y, si cualquiera de ellos se apartaba de sus órdenes, era despedido³¹. Otro ejemplo que

podemos considerar extremo, aunque en sentido contrario, es el de la dirección del mundo académico, el cual, en muchos sentidos, sigue siendo completamente de abajo arriba, controlada por los profesores titulares (Garret y Davies, 2010). La dirección de una universidad está considerada, acertadamente, una tarea extremadamente difícil y, a menudo, frustrante³².

La ventaja del sistema de gestión de arriba abajo es que las decisiones se pueden tomar rápidamente; la del modelo de abajo arriba, que permite una mayor diversidad de ideas nuevas. Pero ninguno de los dos es ideal. En la economía de la innovación, todo lo que es de arriba abajo va perdiendo progresivamente información, y todo lo que es de abajo arriba pierde aplicabilidad en cada nivel. Encontrar el *justo medio* —el equilibrio entre ambos sistemas— siempre ha sido una tarea difícil (Brafman y Beckstrom, 2006). Sin embargo, por regla general, el punto intermedio para la influencia de la función gestora ha ido descendiendo en la organización debido a la rapidez de los cambios que se producen en la dinámica de la economía de la innovación³³. Solo los empleados que no trabajan en las áreas puramente de gestión están en contacto diario con clientes, mercados y tecnologías y son capaces de tomar decisiones rápidas y precisas. Por el contrario, los directivos que han ido escalando a lo más alto de la jerarquía de la empresa están familiarizados, en su mayor parte, con unas necesidades de clientes, una dinámica del mercado, una competencia y unas tecnologías de tiempos pasados. Pensemos que hace solo veinte años la World Wide Web acababa prácticamente de nacer, al igual que las comunicaciones móviles de segunda generación. En estos veinte años la capacidad de los ordenadores se ha multiplicado por casi diez mil y aplicaciones como Google, Facebook y Craigslist eran casi inimaginables hace tan solo algunas décadas.

En la economía de la innovación el estilo de gestión de Henry Ford resulta cada vez más arcaico, porque es imposible que una persona sola llegue a conocer lo suficiente, con la velocidad

³⁰ Entre las innovaciones conseguidas por SRI con sus socios destacan el ratón del ordenador y la moderna interfaz de usuario; la banca electrónica; el estándar de televisión de alta definición de Estados Unidos; tratamientos para el cáncer y enfermedades infecciosas; la cirugía robótica mínimamente invasiva; los programas informáticos de reconocimiento de voz; el primer asistente personal virtual del mundo (por ejemplo, el diseñado por *Siri Inc.*); y muchas más.

³¹ Véase <http://www.whatsbestnext.com/2010/02/an-example-of-bad-management/>

³² Garret y Davies 2010: 70. «La gestión de los profesionales creativos comienza y termina con el fomento, el apoyo y la incentivación del logro». Esta cita fue facilitada a Garret y Davies por C. R. Carlson en 2010.

³³ Esto también lo hace más difícil para algunos gestores tradicionales, que desean mantener el control.

necesaria, de clientes, mercados, competidores y tecnologías. Y no es inteligente.

Del mismo modo que se está quedando anticuado el modelo de arriba abajo, está perdiendo vigencia el que discurre en sentido contrario. Hay excepciones, pero muchas de las oportunidades más importantes que se encuentran en la actualidad requieren el esfuerzo de equipos multidisciplinares que produzcan soluciones significativas. La paradoja evidente para muchos gestores es cómo crear una empresa en la que haya libertad suficiente para la invención, pero una estructura adecuada que capture las ideas generadas y las convierta en innovaciones valiosas. Dejar que los empleados se muevan en cien direcciones diferentes no produce valor; produce caos en la organización. Los programas que dan especial relevancia a la creación de *salas de inspiración*³⁴ o *centros de innovación* o a los juguetitos supuestamente estimuladores de la creatividad —como mesas de billar, sombreritos, plastilina y piezas de Lego— están a menudo, por su propia naturaleza, equivocados.

En el otro extremo, el estilo de gestión del mundo universitario resulta también cada vez más arcaico, ya que no fomenta la colaboración dentro de una estructura disciplinada de innovación. Tampoco es inteligente.

Lo que hace falta es una arquitectura organizativa, como la que se describe a continuación, para la incubación disciplinada de innovaciones con un alto valor. Hacen falta nuevas estructuras organizativas que exploten mejor las características más notables de los modelos de arriba abajo y de abajo arriba. Estas nuevas estructuras para la innovación son complementarias de otras más tradicionales, como el sistema TQM y el modelo de gestión *Stage-Gate* (desarrollo en distintas etapas y puntos de decisión), que siguen siendo eficaces para las innovaciones incrementales (las que representan mejoras que producen un efecto acumulativo)³⁵, pero estos sistemas por sí solos son inadecuados.

Beneficios para empleados. Las competencias innovadoras son importantes dentro de la

plantilla de una compañía, y escasas las personas que las poseen, por lo que siempre están muy solicitadas. La experiencia demuestra que cuando los profesionales adquieren estas capacidades alcanzan un mayor éxito y, al mismo tiempo, ayudan a sus empresas a tener más éxito. Mejora la calidad de su labor en I+D y de sus iniciativas innovadoras; aumenta su capacidad para mantener una colaboración productiva con colegas y socios; y se crea un marco conceptual para un aprendizaje más rápido y la mejora continua. Contar con estas competencias permite conseguir mayores logros y avances profesionales, lo que significa que las empresas que favorecen el desarrollo de este tipo de entorno son las preferidas por los mejores empleados.

CASO PRÁCTICO: EL VIAJE DE SRI

Las ideas expuestas en las secciones anteriores han tenido un efecto transformador en SRI, empresa con una larga y apasionante historia. La creación de SRI por la Universidad de Stanford hace sesenta y cinco años fue, junto con Hewlett-Packard, uno de los momentos clave en el nacimiento y el desarrollo de Silicon Valley. La mayoría de los profesionales de hoy probablemente utilizan cada día varias de las innovaciones creadas por SRI, ya sea el ratón del ordenador, la pantalla dividida en ventanas, la televisión de alta definición, la banca electrónica, los programas informáticos de reconocimiento de voz (a través de Nuance Communications), la clasificación automática de correo y la cirugía mínimamente invasiva (a través de Intuitive Surgical).

SRI es una empresa dedicada a la innovación: esa es su única actividad. Ha trabajado en casi la mitad de los países del mundo y en todas las principales áreas tecnológicas. SRI ha sido pionera en conceptos de gestión que hoy se invocan en todas partes, como el *análisis SWOT* y la *innovación abierta*. Desde su fundación, todas las grandes iniciativas de SRI se han basado en el principio de la innovación abierta, ya que todas se llevaron a cabo en colaboración con otras empresas de gran prestigio. Sin embargo, pese a

³⁴ Véase, por ejemplo, <http://www.theinspirationroom.com.au/who-is>

³⁵ Otros modelos de gestión de la innovación reciben a menudo el nombre de *Stage Gate* y *Funnels* (embudos). Véase Wikipedia, *Stage-Gate*, http://en.wikipedia.org/wiki/Stage-Gate_model. De acuerdo con la experiencia de SRI con muchas empresas internacionales, estos modelos suelen tener poco o ningún éxito en la creación de grandes innovaciones.

estos logros extraordinarios, en 2000 SRI dejó de crecer. Los conceptos y las mejores prácticas de innovación que SRI había lanzado hasta ese momento ya no eran suficientes. Con la aparición de la economía de la innovación en torno a esas fechas, se necesitaba un enfoque más completo en el campo de la innovación y ese fue el año en que SRI comenzó a aplicar con rigor las *Cinco Disciplinas de la Innovación*³⁶.

A partir de 2000 SRI experimentó un cambio radical, con un índice de crecimiento de dos dígitos, un grupo selecto de profesionales trabajando en I+D para resolver problemas importantes y una cartera mucho más valiosa de proyectos y licencias. Solo en 2010 SRI logró la aprobación por el organismo regulador de medicamentos de Estados Unidos (Food and Drug Administration) de un importante fármaco para el linfoma de células T, un tipo terrible de cáncer para el que no existía hasta entonces ningún tratamiento verdaderamente eficaz. Además, una de las empresas creadas por SRI, Siri, fue adquirida por un precio superior a su valor real por Apple Computer³⁷, a pesar de que entonces solo llevaba dieciocho meses en activo. Siri ha desarrollado el primer asistente virtual del mundo, que representa un gran avance en la informática personal. En el futuro es posible que se le dé la misma importancia que a la invención del ratón hace más de cuarenta años.

Arquitectura de innovación de SRI. SRI aplica las *Cinco Disciplinas de Innovación* a todos los aspectos de su negocio: I+D, desarrollo de nuevos productos, creación de empresas y todas las funciones internas de una organización. El uso de un lenguaje común, basado en el valor para el cliente, ha elevado la comunicación entre divisiones a un nuevo nivel, al permitir un desarrollo más eficiente de las innovaciones incrementales y concentrar esfuerzos de forma más productiva en aquellas iniciativas interdisciplinares y de mayor envergadura que se necesitan para solucionar problemas importantes.

SRI utiliza un serie de foros de creación de valor para generar nuevas innovaciones. Repartidos

por toda la organización, cada uno de estos foros, orientados al mercado, se ocupa de una de las distintas áreas estratégicas de SRI, como la ciberseguridad, las enfermedades infecciosas, los sistemas informáticos inteligentes, la tecnología de la educación y las energías limpias. Estos foros trabajan para generar propuestas de valor que resulten interesantes, pero no financian proyectos nuevos de I+D. Mientras no se elabore una buena propuesta de valor, es una pérdida de recursos invertir dinero en tecnología.

Cada uno de los foros de SRI está organizado y dirigido por un experto en esa área específica de mercado y recibe al año una dotación económica dentro de un presupuesto cerrado³⁸ que se invertirá en consultores, estudios e informes de mercado, visitas a clientes y socios y diseño y simulaciones de productos. Estos foros se abren y se cierran en función de las condiciones del mercado y de lo que pueda aportar SRI económicamente. SRI tiene, además, dos foros de creación de valor permanentes, uno para inversiones en I+D y otro para actividades de comercialización. Estos foros reciben un presupuesto mucho mayor para inversiones y son altos directivos los encargados de dirigir las reuniones y actuar como mentores de posibles nuevos innovadores y de negociar operaciones de gran envergadura.

SRI es una empresa transparente en la que todos pueden hablar con todos sin necesidad de pedir permiso. Por ejemplo, los foros de creación de valor están abiertos en el sitio web interno de SRI y cualquier miembro del personal puede asistir a uno de ellos, aunque en ese caso, como ya hemos comentado, deberá participar activamente y no quedarse como mero espectador. La libertad camina de la mano de la responsabilidad.

Aplicación global. SRI utiliza su lenguaje común de innovación siempre que es posible. Para su difusión, por ejemplo, ha creado una *tarjeta SRI*, plastificada y del tamaño de una tarjeta de crédito, en la que se describe la misión, la visión y los valores de la empresa y muchas de sus prácticas en el campo de la innovación. SRI aspira a ser «la

³⁶ C. R. Carlson fue nombrado director general (CEO) de SRI en 1999. Con anterioridad ocupó el cargo de vicepresidente de desarrollo de negocios e iniciativas empresariales en la filial de SRI, Sarnoff Corporation.

³⁷ Un dato interesante es que, en los inicios de Apple Computer, Steve Jobs adquirió a SRI mediante licencia los derechos sobre el ratón.

³⁸ Los foros de creación de valor reciben al año decenas de miles de dólares.

fuerza independiente primera de innovaciones de alto valor». Se explican las *Cinco Disciplinas de Innovación* ya en el proceso mismo de selección y contratación y pueden consultarse también en el sitio web de SRI. Los nuevos empleados reciben formación completa sobre las disciplinas de la innovación desde el primer momento y el desarrollo profesional de SRI tiene entre sus fines la forma en que el personal puede utilizar eficazmente las *Cinco Disciplinas de Innovación*, además de cómo puede contribuir a la visión y los objetivos empresariales de SRI. El director general en persona imparte un seminario sobre innovación a todos los nuevos empleados para dejar clara la importancia de estas prácticas y, a menudo, almuerza con miembros del personal y trata con ellos los aspectos que necesitan mejora, su trabajo y sus propuestas de valor.

SRI promueve una mentalidad de la *abundancia*, no de la escasez. Pero también deja claro que solo será un mundo de abundancia si los empleados reúnen las capacidades de innovación necesarias y son capaces de aplicarlas con eficacia. En su apoyo, ofrece incentivos adecuados que se centran directamente en las necesidades de clientes y mercado, es decir, en el valor creado.

Todas las presentaciones de negocio en SRI utilizan el formato NABC y con ellas se obtienen inversiones, se acelera el proceso de iteración y se reduce la necesidad de comparar manzanas con naranjas. SRI hace un verdadero esfuerzo para que las presentaciones sean breves: propuestas de una página, presentaciones de quince diapositivas, etc. SRI tiene siempre en mente los resultados que son el valor real para sus clientes. Gracias a su lenguaje común, sus conceptos y sus herramientas, los profesionales de su plantilla llegan antes a una comprensión mutua, los materiales que manejan son más coherentes y se pueden incorporar ideas nuevas con mayor facilidad. No queda mucho lugar para la confusión entre lo que el personal y el equipo de dirección quieren hacer y por qué.

Importancia de las necesidades del mercado y el cliente. En la economía de la innovación

debemos aspirar a trabajar en las necesidades que son importantes para el mercado y el cliente, no solo en las que nos resultan interesantes a nosotros. Los problemas que suscitan interés son rápidamente desbancados por otros en la economía de la innovación, pero las necesidades importantes de clientes y mercado permiten la creación de valor para el cliente y motivan y atraen a los mejores profesionales.

Como ya se ha comentado, los foros de creación de valor en SRI utilizan todos el mismo lenguaje y los mismos conceptos y herramientas básicos. Más allá de estos fundamentos esenciales, los elementos que se requieren para cada tarea concreta son, sin embargo, muy diferentes. Los indicadores, por ejemplo, para medir el éxito de una nueva iniciativa empresarial son absolutamente distintos de los que es previsible utilizar para un proyecto de I+D. Si SRI va a emprender una nueva aventura empresarial, debe tener un interés valorable al menos en varios cientos de millones de dólares. Este no es un objetivo arbitrario. Entre otras razones, este límite es el que se requiere en Silicon Valley porque, por debajo de él, es extraordinariamente difícil adquirir al mejor equipo gestor y los mejores socios para la empresa. Para otras actividades se utilizan los indicadores más adecuados a sus características, como los establecidos para los nuevos centros de I+D. Estos instrumentos de medición permiten a los miembros del equipo decidir más fácilmente si una iniciativa tiene valor para los clientes y para SRI. Es muy raro que los superiores rechacen un proyecto: mucho antes, el equipo que propone una idea nueva sabe si puede alcanzarse ese mínimo y descarta las ideas que claramente no van a llegar a él.

Defensores de la innovación. Sin una persona que se comprometa con entusiasmo a lograr una innovación, esta fracasará. La primera pregunta que SRI se hace en torno a cualquier inversión, propuesta o proyecto es: «¿Quiere alguien realmente hacer esto?». ¿Se comprometerá alguna persona a lograr el éxito, sin excusas, y siguiendo fielmente las *Cinco Disciplinas de la Innovación*?

SRI tiene un lema: «Sin un defensor, no hay proyecto; sin excepción». Si la idea es buena y SRI no tiene a nadie que la defienda, no comenzará a trabajar seriamente en ella hasta encontrar a alguien.

Esta es la filosofía que SRI aplica en toda su organización, de arriba abajo. Los defensores nacen con muchos de los elementos necesarios para el éxito, pero también deben prepararse y entrenarse. La formación en el campo de la innovación comienza en las divisiones técnicas y avanza hasta llegar a la iniciativa empresarial. La innovación de alto valor está directamente relacionada con el sentimiento de logro. Es lo que motiva a las personas y les hace trabajar día y noche. No puedes conseguir que alguien trabaje con esta intensidad si no siente verdadera pasión por su trabajo. Toda gran iniciativa innovadora debe levantarse sobre esta necesidad humana fundamental, y los defensores la poseen.

SRI recurre a su cuaderno de estrategias de innovación para ayudar a sus equipos a conseguir sus objetivos. SRI se mueve en el muy competitivo Silicon Valley: si el cuaderno no funcionara, los equipos no lo utilizarían. Aun así, el equipo directivo debe dedicar mucho tiempo y esfuerzo para que los profesionales recién incorporados a la plantilla conozcan perfectamente lo que SRI aspira a lograr con sus conceptos y mejores prácticas de innovación, sepan cómo aplicarlos y por qué resultarán valiosos para sus carreras.

Equipos de innovación. En la economía de la innovación una iniciativa debe reunir a los mejores para multiplicar sus probabilidades de éxito. Ni siquiera las grandes empresas tienen siempre los mejores recursos. Aunque casi cada compañía asegure que no sufre el síndrome del «no inventado aquí», lo cierto es que la mayoría lo padece en grado sumo. Como no siempre reúnen a los mejores equipos, tienen la esperanza de que sus competidores tampoco lo consigan, porque, de lo contrario, podrían acabar ganándose la partida en el mercado.

Formar equipos es difícil. Es un proyecto que requiere una gestión activa. Necesita formación,

respaldo, estímulo y las recompensas adecuadas para conseguir equipos potentes y productivos. Para superar los costes, no siempre defendidos por todos, de la formación de equipos deben fijarse grandes objetivos, es decir, importantes necesidades de clientes y mercado; de lo contrario, el coste que supone reunir un equipo no estaría justificado. Una ventaja de trabajar con necesidades importantes de clientes y mercado es la abundancia de recompensas psicológicas que pueden recibir todos los miembros del equipo.

Alineación organizativa. La alineación organizativa comienza con el compromiso por parte de la alta dirección de que la iniciativa va a ser líder en el mercado y que van a conseguirlo aportando el valor para el cliente más alto, en el menor tiempo posible y con el mínimo coste. Significa reunir las estructuras, los indicadores, las recompensas, el personal y el respaldo necesarios para satisfacer las *Cinco Disciplinas de la Innovación*. Significa eliminar los obstáculos a la innovación. Un ejemplo que se da con frecuencia es el de las barreras al personal. Cuando un empleado necesita hacer una pregunta a un vicepresidente de una división diferente, ha de obtener permiso de diferentes niveles de la jerarquía directiva. Con ello no solo se ralentiza el proceso de creación de valor, sino que, además, envía el mensaje equivocado al personal sobre el compromiso de la empresa con la rápida creación de innovaciones de alto valor.

Alcanzar el objetivo de llegar a ser una empresa de innovación debe ser un proyecto de al menos cinco años. El progreso es relativamente lento al principio, pero va adquiriendo impulso paulatinamente: no hay vuelta atrás. Para ello es necesario lograr el avance con la rápida incorporación de elementos de adaptación; centrarse en el logro y el impacto; demostrar valor y crear embajadores internos. Como alguien ha dicho: «Dirige con los mejores para que te siga el resto»³⁹. Hay que hacer participar a todos en el nivel estratégico, aunque no siempre es posible conseguir que todos se impliquen con

³⁹ Esta es una frase habitual de Dennis Beatrice, vicepresidente de la División de Políticas de SRI. Ha contribuido también a esta sección con gran cantidad de ideas.

intensidad. Condiciona lo máximo posible la dotación de fondos a la utilización de las *Cinco Disciplinas de la Innovación*: con ello se demuestra seriedad. La agenda de la innovación no se tomará en serio si es demasiado marginal. Haz de los conceptos y las mejores prácticas de la innovación un proceso de negocio central en el mayor número posible de ámbitos. Concéntrate en lo fundamental: cuanto mayores son la atención y la conexión del mercado y los clientes, mejores serán los resultados.

Ninguna organización puede alcanzar la perfección, pero todas ellas deben esforzarse por mejorar por medio del compromiso con la mejora continua. SRI es firme partidaria de pedir a cada actividad empresarial la mejora de algún aspecto de su función cada año. SRI no está todavía cerca de la meta que desea alcanzar, pero cada año mejora y se aproxima un poco más. El éxito tarda bastante en llegar, pero incluso el avance más modesto produce un beneficio significativo.

CONCLUSIÓN

Nos encontramos en la economía de la innovación. Nunca ha habido un mejor momento para crear nuevas e importantes innovaciones: es, en potencia, una época de abundancia y prosperidad sin igual. Pero es también el momento de mayor desafío de la historia de la innovación, pues las mejoras tecnológicas en la mayoría de los campos se suceden vertiginosamente y la competencia crece a ese mismo ritmo. Este dinamismo no va a detenerse; al contrario, las fuerzas dinámicas se multiplicarán cuando miles de millones de personas del mundo en desarrollo salgan de la pobreza, abandonen la producción de bajo coste y se sumen a la prosperidad y la creación de innovaciones de alto valor.

Hoy, los resultados en el campo de la innovación son, en general, escasos. Pocas empresas tienen cuadernos de estrategias de innovación para su personal y una arquitectura organizativa que fomente el éxito en la innovación. Estos dos elementos son esenciales para sobrevivir en la

actualidad. La creación de una empresa innovadora comienza con el compromiso del equipo directivo y continúa con la aplicación de los principios fundamentales de la innovación. Una vez establecidos estos fundamentos, es posible incorporar otros conceptos para avanzar en la complejidad de la iniciativa innovadora. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que los fundamentos no son difíciles de comprender, pero sí extraordinariamente difíciles de poner en práctica. La única forma de interiorizarlos de verdad es la repetición de su aplicación. Pocos hacen el esfuerzo, pero los que sí se molestan a menudo consiguen unos resultados sobresalientes.

La experiencia demuestra que son posibles las grandes mejoras en el rendimiento de la innovación. Incluso una mejora del 10% sería ya una contribución significativa a la rentabilidad de la mayoría de las iniciativas. En muchos casos, las mejoras han llegado a ser bastante más que eso. Por otra parte, tener un conocimiento profundo de la actividad innovadora es también beneficioso para los empleados. Los profesionales necesitan hoy nuevas competencias basadas en un conocimiento exhaustivo del proceso innovador que conduzcan al éxito. Los que tengan esas competencias prosperarán; entre los que no las tienen es cada vez mayor el fracaso. Las empresas que ayudan a sus empleados a obtener esas competencias están en ventaja para la captación y conservación de los más cualificados.

La economía de la innovación nos da la oportunidad de crear abundancia por medio de la aplicación de una disciplina de la innovación. Para prosperar debemos utilizar los conceptos y las mejores prácticas de la innovación en todos los segmentos de nuestra empresa y, de forma más general, en todo el ámbito de las empresas, el mundo académico y las administraciones públicas. Nuestra forma de trabajar es, sin ninguna duda, la innovación más importante. Incluso las mejoras más pequeñas en nuestra capacidad colectiva de innovar tendrán, con el tiempo, un inmenso efecto positivo en la prosperidad del mundo, el desarrollo sostenible y la seguridad.

BIBLIOGRAFÍA

- <http://en.wikipedia.org/wiki/PayPal>
http://en.wikipedia.org/wiki/Population_decline
http://en.wikipedia.org/wiki/Stage-Gate_model
<http://mt.kargo.com/v/News/HowChinaWillChange/?KSID=3189d3546687c862a6eebeb2eaf0ef7bhttps://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>
http://uh.edu/engines/epi1163.htm/http://en.wikipedia.org/wiki/Timeline_of_historic_inventionshttp://www.sri.com/about/history/nielson_book.html
http://www.commerce.gov/news/press-releases/2010/07/13/locke-announces-national-advisory-council-innovation-and-entrepreneurhttp://topics.nytimes.com/top/news/business/companies/toyota_motor_corporation/index.html
<http://www.sri.comhttp://dougengelbart.org/>
<http://www.theinspirationroom.com.au/who-is>
<http://www.whatsbestnext.com/2010/02/an-example-of-bad-management/>
- BRAFMAN, O., y R. BECKSTROM (2006), *The Starfish and the Spider*, Portfolio Hardcover.
- CARLSON, C. R. (2008), «The Imperative for Including Innovation in a Technical Education», discurso de apertura de la Asamblea Anual de la Kern Family Foundation en la Universidad Thunderbird de Arizona, 7 de enero.
- CARLSON, C. R., y W. W. WILMOT (2006), *Innovation: The Five Disciplines for Creating What Customers Want*, Nueva York: Crown-Random House.
- CARLSON, C. R., y J. SCHAUFELD (en prensa), «Technical Education in the Innovation Economy», de próxima publicación en *Shaping Our World*, John Wiley and Sons.
- CHRISTENSEN, C. M. (1997), *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Boston: Harvard Business School Press.
- DEMING, W. E. (1986), *Out of the Crisis*, Chicago: The MIT Press.
- DOWD, A. (2007), «Three Centuries of American Declinism», *Real Clear Politics*, 27 de agosto.
- DRUCKER, P. (1993), *The Practice of Management*, Nueva York: Harper & Collins.
- FOSTER, R., y S. KAPLAN (2001), *Creative Destruction: Why Companies that Are Built to Last Underperform the Market – How to Successfully Transform Them*, Nueva York: Doubleday-Currency.
- FRIEDMAN, G. (2009), *The Next 100 Years: A Forecast for the 21st Century*, Nueva York: Doubleday.
- FRIEDMAN, T. (2010), *The World is Flat: A Brief History of the Twenty-First Century*, Nueva York: Farrar, Straus and Giroux.
- GARRETT, G., y G. DAVIES (2010), *Herding Cats: Being Advice to Aspiring Academic and Research Leaders*, Devon: Triarchy Press.
- HOPE, J. (1996), «A Better Mousetrap», *American Heritage Magazine*, octubre, pp. 90-97 y http://www.americanheritage.com/articles/magazine/ah/1996/6/1996_6_90.shtml
- HOSAKA, T. (2010), «China overtakes Japan in 2Q as No. 2 Economy», *MyWay*, 16 de agosto, <http://apnews.myway.com/article/20100816/D9HKI1E00.html>
- KAPOR, A. (2010), «Urban Greatness Awaits Good Governance», *New York Times*, 20 de mayo.
- KELLEY, T., J. LITTMAN y T. PETERS (2001), *The Art of Innovation*, Nueva York: Crown Business.
- KURZWEIL, R. (2005), *The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology*, Viking Press.
- MANDEL, M. (2009), «America's Innovation Shortfall», *Bloomberg BusinessWeek*, 3 de junio.
- MARKOFF, J. (2005), «It's Moore's Law but Another Had the Idea First», *New York Times*, 18 de abril.
- MITCHELL, L., «Moving Innovations to Markets», Kauffman Foundation, <http://www.kauffman.org/advancing-innovation/moving-innovations-to-market.aspx>
- MOORE, G. A. (2002), *Crossing the Chasm*, Harper Paperbacks, 20 de agosto.
- NIELSON, D. (2006), *A Heritage of Innovation: SRI's First Half Century*.
- OHNO, T. (1988), *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Londres: Productivity Press.
- PORTER, M. E. (1998), *Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*, Free Press.
- RIDLEY, M. (2010), *The Rational Optimist*, Nueva York: Harper & Collins.
- SHEWHART, W. A. (1931), *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, Nueva York: Van Nostrand Company.
- STONE, D. (2008), «Winning the New Product Innovation Game», *Corp!*, 4 de diciembre.
- TALEB, N. (2007), *The Black Swan: The Impact of the Highly Improbable*, Random House.
- TAYLOR, E., et al. (2008), «Encouraging Industry-University Partnerships», *Kauffman Foundation*, http://www.kauffman.org/uploadedFiles/EAC_UIP_report_v4.pdf
- Vogel, E. F. (2001 [1979]), *Japan as Number One: Lessons for America*, Bridgewater: Replica Books.
- WADHWA, V. (2005), «Ah out that Engineering Gap», *Business Week*, 13 de diciembre.

BBVA

Diseñar innovación radical

Harry West
Continuum

EL IMPERATIVO DE LA INNOVACIÓN

El mundo está cambiando; ahora el control lo tienen los clientes, los consumidores y los electores, es decir, los usuarios de nuestros productos y servicios. Los usuarios son más exigentes, tienen más opciones y se sienten más cómodos a la hora de elegir. Exigen que sus productos y servicios trabajen para ellos en el sentido más amplio: que su experiencia total sea todo lo buena que pueda serlo. Organizaciones, empresas e incluso gobiernos se encuentran con que tienen que satisfacer las exigencias de sus usuarios y, además, con una urgencia inusitada. De lo contrario, sus usuarios harán uso de su libertad de elección y cambiarán de marca, de comportamiento o de gobierno. Esto es el imperativo de la innovación; no podemos contar con el tirón del mercado para protegernos. Clientes, consumidores y electores se han dado cuenta de lo fácil que es cambiar; por eso debemos asegurarnos de que les proporcionamos sistemáticamente la mejor experiencia para mantenernos por delante de sus expectativas.

¿Cuáles son las fuerzas impulsoras de este cambio? Los impulsores principales son la tecnología de la comunicación y el rápido crecimiento de los mercados nuevos. La comunicación ha alimentado la democratización, desde la caída del Muro de Berlín al predominio de la democracia en América Latina y las opiniones de los

clientes en Amazon.com. Cuando las personas tienen alternativas, eligen. Y, a medida que los ciudadanos han ido adquiriendo poder y que los recursos se han ido distribuyendo de un modo más igualitario y productivo, tras esta primera línea del cambio democrático ha llegado el tren de equipajes del crecimiento de los mercados de consumo. En el lado superficial de la democracia, la comunicación ha hecho posible que los ciudadanos elijan no solo a su gobierno, sino también a los ganadores de *American Idol*, *Britain's Got Talent* o *Tú sí que vales*. Nuestras estrellas ya no son elegidas por los ejecutivos del sector discográfico ni por un tribunal de prestigiosos jueces; y tampoco recorren el largo y doloroso camino de labrarse la fama. Actualmente las elegimos en tiempo real, en directo. Nos estamos acostumbrando a la idea de ejercer nuestra libertad de elección personal, de expresar nuestra insatisfacción con el statu quo y de esperar una respuesta inmediata.

La comunicación también fomenta la paridad técnica; es más fácil aprender, saber qué están haciendo los demás y copiar. El Massachusetts Institute of Technology (MIT) ha puesto las mejores conferencias técnicas del mundo a disposición de todo aquel que tenga una conexión de banda ancha a Internet, gratuitamente. En China, hay productos de imitación que llegan al mercado antes que los productos de marca originales.

Hoy en día hay poca diferencia entre los chips de nuestros ordenadores, los motores de nuestros coches o los ingredientes de muchos de los platos que comemos. Puesto que los ingredientes son los mismos, lo que distingue la experiencia del producto o servicio es lo que hacemos con ellos. Debemos transformar aquello que ofrecemos en soluciones más completas si no queremos convertirnos en meros proveedores de componentes de productos dentro del ecosistema empresarial mundial.

Y, naturalmente, nuestra creciente capacidad para comunicarnos ha repercutido directamente en la manera en que gastamos nuestro dinero. Somos una especie a la que le gusta comunicarse. Nos produce placer hablar con los demás y compartir nuestras historias y, a lo largo de los siglos, hemos ido conociendo las novedades a través del boca a boca. Las redes sociales han amplificado este proceso durante las dos últimas décadas. Estas herramientas incrementan enormemente la red de asesores que nos dicen lo que podríamos experimentar, cómo conseguirlo y las mejores ofertas existentes. Gastamos una porción cada vez mayor de nuestro presupuesto mensual en teléfono móvil, en conexión a Internet, en teléfonos inteligentes y en otras tecnologías de comunicación. Cada vez son más los productos y servicios que incorporan la comunicación como un elemento esencial de la experiencia; por ejemplo, ahora los automóviles son centros de comunicación dotados de radio por satélite, teléfonos móviles, sistemas de navegación, etcétera. Y cuando compramos música o libros, ver las opiniones de otros compradores constituye una parte esencial y valiosa de la experiencia de compra.

En paralelo al desarrollo de la comunicación, hemos asistido a la expansión de dos nuevos mercados extraordinarios, el de la Generación Y y el de los países emergentes. La Generación Y —de manera general las personas nacidas entre 1980 y 2000— ha crecido en una época de paz y prosperidad, de dominio de la comunicación y de tecnología informática de bajo coste: para sus integrantes esto es la norma. Representan un grupo de

población muy grande: 80 millones de personas en Estados Unidos y más de 100 en Europa. Los viejos modelos de música, de automóviles y de banca no les sirven; ellos tienen expectativas distintas. No todos los jóvenes de Estados Unidos aspiran a tener un coche como sus padres y, cuando compran uno, valoran tanto las funciones de comunicación y de entretenimiento como la potencia del motor. Además de liderar la adopción de numerosos productos digitales y sociales específicos, también están impulsando la integración de las herramientas digitales y de las redes sociales en todo lo demás: la integración de lo físico y de lo virtual. Remontándonos a una época anterior, lo revolucionario no fue el *producto de plástico*, sino el uso del *plástico en todo*. Cada generación establece sus propias normas en relación con sus expectativas materiales y su estilo de vida, y la Generación Y es la que ahora está definiendo la nueva clase media.

El *crecimiento* de la clase media a escala mundial es principalmente un fenómeno del mercado de los países emergentes. Cada año, alrededor de 70 millones de personas —un número similar a la población de Francia— pasan a formar parte de la clase media en este mercado. A medida que estas poblaciones se transforman en sociedades de consumo, están adoptando muchas de las mismas expectativas que Norteamérica y Europa Occidental, aunque con variaciones locales. Incluso entre las personas que aún no forman parte de la clase media, ya se aprecian los cambios de comportamiento que produce la nueva tecnología de la comunicación. En Perú, uno de los países más pobres de América Latina, el uso frecuente de Internet se extiende hasta la clase baja. Si se preguntase a un adolescente de allí qué haría si le diesen un sol, es posible que le respondiese que iría a un locutorio a chatear con sus amigos o a ver qué está pasando en hi5.com. La población de la Generación Y en América Latina es de aproximadamente 200 millones de personas y en la India y en China, aun mayor —unos 400 millones en cada país—. Al lado de estas poblaciones, las de Norteamérica y Europa Occidental parecen

pequeñas. Son tan vastas que las preferencias de los mercados de la Generación Y y de los países emergentes han dejado de estar a la cola del consumo; ahora están en cabeza y Norteamérica y Europa Occidental, a la cola. Cuando la cabeza mueve la cola, los mercados consolidados tiemblan. Ya lo hemos visto en el sector de los aparatos electrónicos de consumo; las empresas radicadas en lo que hace tan solo unos años eran mercados emergentes se han hecho con el liderazgo: Sony (Japón) ha eclipsado a Zenith (Estados Unidos); Samsung (Corea) está en vías de desbancar a Sony; y LG (Corea) tiene sus miras puestas en superar a Samsung. Entretanto, desde China llegan sucesores veloces que ya están situándose en el carril de adelantamiento.

DISEÑAR INNOVACIÓN RADICAL

¿Qué queremos decir con *diseñar innovación radical*? Innovar es cambiar algo que está establecido mediante la introducción de productos o servicios nuevos, procesos nuevos o ideas nuevas. Con *innovación radical* nos referimos a que el cambio es fundamental: no se saca brillo a lo que ya existe, sino que se redefine por completo la experiencia del cliente o el modelo de negocio. Con *diseñar* no nos referimos a elaborar un dibujo para mostrar el aspecto de algo, sino a formular el propósito de la innovación y trazar el plan para llevarla a cabo. El diseño es el proceso intencional de crear algo nuevo con resolución.

Nuestra motivación para diseñar innovación radical no es que queramos ser radicales solo por serlo, sino que la situación lo exige: el imperativo de la innovación es radical. Hay tantos puntos de conexión entre las personas inteligentes, las nuevas tecnologías y los negocios ambiciosos que es inevitable que la innovación se produzca dentro del ecosistema empresarial. Cada vez más, los consumidores, los clientes y los electores asumen el control e innovan por sí mismos¹. Nuestro reto es ayudar a nuestras empresas a beneficiarse del cambio, en lugar de sufrirlo. ¿Cómo puede una empresa, de manera deliberada, ver cuál es el paso siguiente, reconocer cómo puede sacarle

partido y poner en marcha su organización para liderar el cambio?

Esto es algo difícil de llevar a cabo. La innovación no ha desempeñado un papel central en la estrategia de muchos negocios. Los negocios prósperos pueden basarse en la explotación continua de alguna innovación anterior y centrarse en objetivos más limitados como reducir los costes, mejorar la calidad, desarrollar la distribución y potenciar las ventas, por regla general, acrecentando el control de las operaciones. La innovación solo vuelve a cobrar importancia cuando surge algún problema, como la aparición de un competidor nuevo o reforzado. El problema es que, para ese momento, puede que la organización haya perdido la capacidad de innovar. El truco está en aprender a innovar antes de que la innovación se convierta en una preocupación.

La innovación requiere soltar el control. La esencia de la innovación es que no se sabe de antemano lo que va a surgir, de manera que la organización no puede definir y controlar el proceso de innovación como hace con el resto de los procesos. No existen reglas específicas, solo algunos principios generales, y la organización debe depositar su confianza en un resultado desconocido. Para ponérselo aun más difícil al empresario, hallar el valor comercial de la innovación requiere tiempo, comunicar el plan de innovación a la organización requiere tiempo y ejecutarlo requiere aun más. La innovación radical tiene un ritmo de tiempos más largos, que no encajan bien con la periodicidad trimestral de los informes.

Para que la innovación fructifique es preciso dejar que las ideas nuevas sigan su curso. Si intentamos innovar demasiado rápido, terminaremos obteniendo ideas que solamente reflejarán las necesidades actuales de los consumidores. Las ideas gustarán hoy, pero si no acotan un territorio nuevo en la mente de los consumidores, no serán lo suficientemente distintivas como para que estos se las apropien en el futuro. Para muchas organizaciones, es difícil dar con el ritmo adecuado. Han aprendido a tomar decisiones al término de cada reunión, lo cual es muy bueno

¹ Eric Von Hippel, *Democratizing Innovation*, Cambridge MA: The MIT Press, 2006.

para la eficiencia y para mostrar un liderazgo claro, pero no tanto para alimentar ideas nuevas. Por otro lado, ir demasiado despacio es igual de malo. Si el proyecto no está en una «ruta crítica» se convierte en una prioridad secundaria, un proyecto a tiempo parcial que corre el riesgo de aniquilar los últimos rastros de potencial creativo. El truco radica en marcar el ritmo a la innovación para que coincida con esa oportunidad única, mágica y creativa, con tiempo suficiente para que las ideas se propaguen y con la urgencia suficiente para que el equipo permanezca motivado.

La innovación es contraria a muchos de los procesos empresariales instituidos para alcanzar el nivel de calidad seis sigma, y puede que las personas más capaces de catalizar la innovación en una empresa se encuentren fuera de su estructura tradicional. Para aprender a innovar, muchas empresas trabajan con grupos externos que tienen experiencia en pensar de un modo distinto: un estímulo que sacuda al sistema hacia otro estado. Con frecuencia, estos grupos externos incluyen diseñadores, cuyos procesos y perspectivas ofrecen ventajas evidentes.

¿Por qué el proceso de diseño es bueno para gestionar la innovación? Los diseñadores tienen una motivación innata para lo «nuevo»; por eso son diseñadores. Tienen una mentalidad complementaria al «control» preponderante en la mayoría de las grandes empresas. Más que en cualquier otra disciplina, los diseñadores tienen una facilidad natural para los procesos abductivos², en los que la creación precede al análisis: el conocimiento consiste en dar el salto. Tienen el músculo de lo «nuevo» muy desarrollado; a lo largo de su formación han estado sometidos al reto de crear ideas nuevas y de comunicarlas a los demás para que las critiquen y las evalúen. Durante los últimos quince años, los diseñadores también han aprendido a desarrollar una mayor empatía con el cliente a través de la etnografía y otras técnicas de inmersión en la vida de las personas para las cuales diseñan. A medida que nuestra economía pasa de comerciar con meros productos a comerciar con experiencias más amplias, los diseñadores

pueden utilizar su empatía con el cliente para construir poco a poco el viaje emocional, que es un elemento esencial de la experiencia de la innovación. Y en las empresas y en los departamentos de diseño interdisciplinar, los diseñadores han aprendido a colaborar con ingenieros y con empresarios de ideas afines y han desarrollado una fuerte capacidad de pensamiento crítico. En paralelo al desarrollo de las aptitudes individuales de innovación de los diseñadores, también hemos creado un «proceso de diseño» bien engrasado que constituye una plataforma para dar el salto a lo desconocido. Este proceso no es difícil de aprender, pero la dinámica social y personal que sustenta la creatividad, la empatía con el cliente y la colaboración son difíciles de asimilar.

EL PROCESO DE DISEÑO DE INNOVACIÓN

El proceso de diseñar y utilizar con éxito la innovación radical tiene cuatro elementos esenciales. Los llamamos elementos del proceso, más que fases, porque tienen lugar de forma simultánea, no necesariamente secuencial: la innovación es un proceso integrado continuo. Estos elementos pueden verse como cuatro espacios distintos de la organización.

El espacio ejecutivo

El primer elemento radica en el nivel ejecutivo de la organización. Consiste en reconocer la necesidad de cambio, aceptar que aún no se sabe cuál será ese cambio y preparar a la organización para emprender un proceso de aprendizaje y de puesta en práctica de lo aprendido.

En este nivel, el reto está en que es necesario que la organización siga centrada en ejecutar la estrategia actual al mismo tiempo que aprende lo que debe hacer a continuación y, con frecuencia, estas dos cosas están en conflicto. Como escribió el gran novelista estadounidense F. Scott Fitzgerald, el indicio más claro del genio es la capacidad de albergar dos ideas contradictorias en la mente. Para guiar el cambio, hay que saber gestionar tanto lo que es bueno en la actualidad como lo que será bueno en el futuro y mantenerse abierto

² Roger Martin, *The Design of Business: Why Design Thinking is the Next Competitive Advantage*, Boston, MA: Harvard Business School Press, 2009.

a ideas completamente nuevas que ni siquiera están en el esquema de pensamiento actual.

Se pide a la organización que se embarque en un viaje sin conocer el destino final.

El espacio de los consumidores, de los clientes y de los electores

El segundo elemento es cómo sumergir a la organización en las vidas de sus consumidores, de sus clientes y de sus electores. La organización debe buscar soluciones nuevas, no en su interior como expertos, sino a través de la mirada de sus usuarios. El equipo desarrollará una investigación cual antropólogos que visitan una tribu desconocida. El objetivo de la investigación es ayudar al equipo a empatizar con los usuarios y a crear partiendo de su punto de vista (véase el destacado sobre investigación de clientes).

En este nivel, el reto está en que quizá los usuarios no sepan lo que quieren en el futuro, de manera que no se puede renunciar a la responsabilidad creativa para con ellos; el trabajo consiste en crear para ellos. Las ideas que salen de esta investigación son provisionales, y no se puede saber si son válidas hasta que no se hayan visualizado y modelado en un prototipo que pueda probarse.

Se pide a las personas con menos poder formal de la organización —no a los ejecutivos ni a los expertos, sino a los usuarios— que dirijan su destino.

El espacio del proyecto

El tercer elemento es formar un equipo para dirigir el proceso, evaluar dicho proceso para asegurarse de que la innovación es adecuada y desplegarlo para que el resto de la organización pueda ejecutarlo. Un equipo de innovación radical estará formado por una serie de personas con aptitudes, con disciplinas y con mentalidades complementarias. Debería incluir a personas que conozcan bien las restricciones con las que tendrá que trabajar la empresa, así como a personas que no vean restricción alguna. El equipo necesita un líder fuerte y seguro de sí mismo, capaz tanto de escuchar como de tomar decisiones; el líder

debería escuchar atentamente las impresiones del equipo, incluso cuando es evidente que estas son equivocadas. Los equipos de alto rendimiento aprovechan la tecnología de la comunicación para trabajar a distancia, pero pasan la mayor parte del tiempo juntos en una sala dedicada al proyecto.

En este nivel, uno de los retos es que se pide a un equipo de personas que ponga toda su concentración en algo —el futuro— durante un periodo de tiempo prolongado. En ese tiempo, dichas personas se distanciarán del cuerpo principal de la organización, que es el que el equipo necesita que, en algún momento, ponga en práctica la innovación.

Se pide a un equipo de exploración que adquiriera el compromiso a largo plazo de trazar el camino de la organización principal.

El espacio del prototipo

El cuarto elemento es el espacio del prototipo, en el que se modela y se evalúa una serie de ideas para aprender, ensayar y poner a punto la innovación. Las grandes ideas que tienen pequeños fallos fracasan; los detalles son importantes. El espacio del prototipo consiste en cómo perfeccionar la idea y en cómo ayudar al resto de la organización a comprender lo que se va a hacer, además de conseguir su apoyo.

En este nivel, uno de los retos es dotarse de recursos para crear modelos experimentales que posibiliten el aprendizaje y el perfeccionamiento necesarios antes de realizar el lanzamiento. A veces, para una organización es más fácil asignar recursos a una idea específica, aunque no sea la buena, que financiar la exploración abierta de la idea correcta.

Se pide al equipo de exploración que muestre al resto de la organización hacia dónde se dirige mediante la elaboración de un modelo detallado.

Estos cuatro elementos esenciales para la gestión de la innovación radical están conectados a través del equipo del proyecto, pero no pueden ser únicamente responsabilidad del equipo. Sin el respaldo ejecutivo, se desconectarán de la misión de la empresa.

Aprender de los clientes

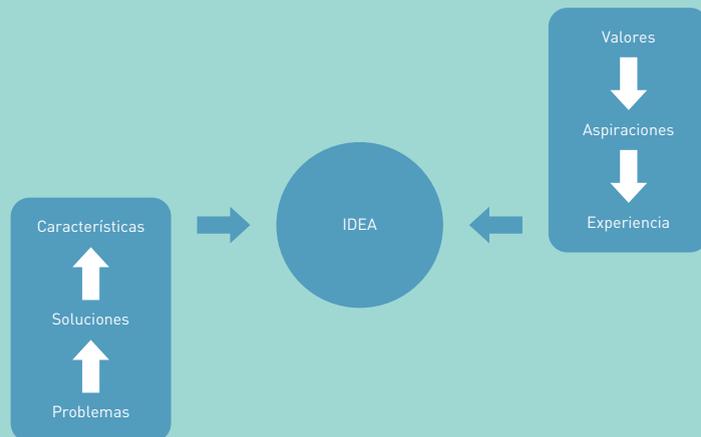
La inspiración para innovar puede surgir directamente de observar o de escuchar a la gente, pero con frecuencia es preciso reflexionar profundamente para encontrar el sentido que, por su simplicidad o por su familiaridad, ha permanecido oculto en la investigación³.

Nos sumergimos en las vidas de los demás —consumidores, clientes, electores— de una manera abierta, conscientes no solo de que no conocemos la respuesta sino también de que ni siquiera conocemos la pregunta. Debemos observarlos y escucharlos para aprender de ellos cómo nuestra organización puede ayudarnos. Debemos desaprender nuestro vocabulario y reaprender el suyo. Queremos descubrir los problemas que les preocupan, sin ayuda y sin el sesgo de nuestras percepciones.

Para hacer esto, por regla general pasamos de una a cuatro horas con alrededor de siete personas por segmento. Las observamos en su contexto: su casa, su trabajo, el hospital, la calle, una tienda o el contexto que sea relevante en cada caso. Conversamos con ellas sobre sus vidas.

Como es natural, los resultados de una muestra tan pequeña no pueden extrapolarse a toda la población, pero buscamos los problemas que son importantes para la mayoría de la gente, y no descubrirlos es prácticamente improbable si se mantiene una conversación lo suficientemente profunda. Conviene recordar a Newton: cuenta la leyenda que una manzana cayó sobre su cabeza mientras estaba sentado bajo un árbol y que, a partir de este estímulo, formuló la ley de la gravedad y la teoría que explica el movimiento de los astros. No se sentó bajo mil manzanos; en su lugar, utilizó ese tiempo para pensar.

Así que, ¿cómo pensamos sobre lo que aprendemos de los clientes? Buscamos dos tipos de información. Los problemas que tienen, ¿podemos encontrar la manera de resolver esos problemas? Y los valores que les hacen querer formar parte de una categoría en primera instancia, ¿podemos crear una experiencia que apele a estos valores? Una buena idea es aquella que combina elementos que solucionan problemas en una experiencia que apele a los valores de la gente.



³ Con perdón de Wittgenstein.

Swiffer

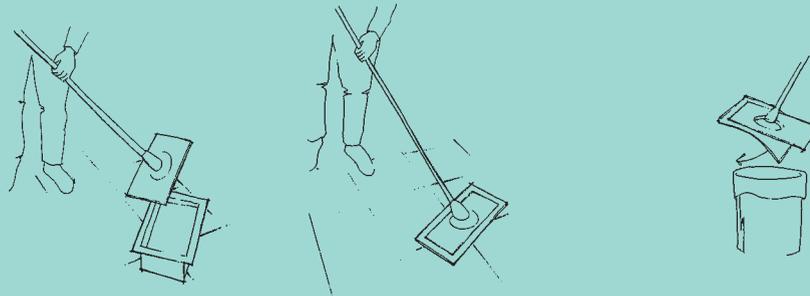
Repensar lo cotidiano

En 1994, Procter & Gamble buscaba crecer a través de la innovación. Craig Wynett, director del departamento de nuevas operaciones empresariales, preguntó: «¿Existe una forma mejor de limpiar un suelo?» La respuesta a esa pregunta no solo reinventó nuestra manera de limpiar el suelo, sino que también cambió nuestro modo de concebir la función del diseño como impulsor de la innovación empresarial.

Formamos un equipo conjunto integrado por miembros de Continuum, Northlich Stolley y P&G y nos lanzamos como antropólogos del diseño a observar cómo limpiaba la gente el suelo de la cocina. Nos dimos cuenta de que la mayoría de la gente barría el suelo antes de fregarlo y de que para realizar la tarea empleaban todo un arsenal de productos. Nos percatamos de que en la mayoría de los casos las mopas funcionaban por adhesión de la suciedad y de que la gente pasaba casi tanto tiempo enjuagando la mopa como limpiando el suelo. Nos dimos cuenta de que la gente se ponía ropa vieja para limpiar porque era una tarea sucia, y no pudimos evitar percatarnos de que a veces la gente limpiaba el suelo antes de que llegásemos porque no querían que les viésemos limpiar un suelo sucio. A la gente le importaba la limpieza de su casa.

De la experiencia de ver a esas dieciocho mujeres de Boston y de Cincinnati —sí, eran todas mujeres, así es— surgió una idea a la que llamamos cariñosamente «una toallita absorbente en un palo» y que en las pruebas de consumidores llamamos «Fast Clean» [limpieza rápida]. Cuando al principio presentamos a los consumidores el concepto de «Fast Clean», no les gustó porque no creían que pudiese limpiar bien y porque pensaban que sería caro. Hicimos un prototipo de trabajo, un modelo experimental para comunicar la idea. Una vez que la gente probaba «Fast Clean», quedaba convencida.

Transcurrieron varios años entre los primeros bocetos y prototipos y el lanzamiento de lo que conocemos como Swiffer, pero ahora es uno de los productos nuevos con más éxito que P&G haya comercializado jamás, con unas ventas que ascienden a más de 500 millones de dólares al año. Swiffer triunfó porque no es solo una nueva mopa ni una nueva escoba, sino una experiencia de limpieza del hogar completamente nueva y perfecta. Resuelve los problemas técnicos que planteaba la tarea de limpiar el suelo, transformándola en un proceso más rápido y más limpio, y apela al valor que tiene para la gente la limpieza de su hogar.



Insulet

Lanzar un negocio nuevo

Las bombas de insulina son la herramienta más efectiva para controlar la diabetes porque, al liberar un flujo continuo de insulina al cuerpo, imitan muy bien la función del páncreas. OmniPod, de Insulet, es la primera bomba de insulina humana discreta y desechable y, con ella, ha nacido una nueva categoría de bombas.

Antes de Insulet, las partes implicadas en el cuidado de la diabetes —el paciente, el médico y la aseguradora— solían abogar por el uso de varias inyecciones diarias en lugar de la bomba. Los pacientes se encontraban con multitud de problemas técnicos: las bombas eran complicadas, inducían a confusión y causaban molestias en el punto de inyección. Las aseguradoras estaban recelosas de los costes iniciales asociados a la compra de las bombas que, con frecuencia, dejaban de usarse. A los médicos las bombas les parecían demasiado complicadas para que los pacientes las utilizaran bien.

Pero la mayor barrera era de tipo emocional: a diferencia de las inyecciones, la bomba y sus tubos comunicaban al mundo que el usuario tenía diabetes, y las restricciones técnicas le impedían ducharse, nadar o dormir con la bomba puesta.

Insulet, una pequeña empresa emergente de capital-riesgo, se asoció con Continuum para buscar una solución sistemática a estos problemas. Juntos desarrollaron una bomba que no solo era una solución médica para los pacientes, sino una solución humana para las personas.

OmniPod es la primera bomba de insulina que puede llevarse puesta y se fija directamente en la piel. Es pequeña, cuesta poco y es desechable; a los tres días, se sustituye por una nueva. Reduce el dolor porque automatiza la inserción de la cánula en la piel. Es fácil de usar: en lugar de tener botones, se controla por medio de un dispositivo portátil inalámbrico de aspecto similar al de un teléfono móvil. Esta bomba que se lleva puesta ofrece plena libertad: el usuario puede ducharse, nadar y dormir con ella encima. Y es discreta: no tiene tubos; controlar el nivel de azúcar en sangre se asemeja a enviar un SMS a un amigo. Es una experiencia de asistencia sanitaria completamente nueva.

Cada uno de estos adelantos supone una revolución en la atención de los enfermos con diabetes. Reunirlos todos supuso un gran avance comercial. Los médicos recetan OmniPod porque confían en su sencillez y en su eficacia. Las aseguradoras la financian porque sus costes se reparten a lo largo de un periodo de dos a tres años. Y los usuarios la quieren porque les devuelve su libertad y su intimidad.

Continuum se asoció con Insulet durante tres años para trabajar como equipo de investigación de usuarios, de diseño del producto y de desarrollo de la ingeniería, con una compensación inicial de 510.000 dólares. Insulet comercializó OmniPod y logró lanzar una oferta pública inicial de 116 millones de dólares.



Spence Diamonds

Ayudar a la gente a tomar una decisión para toda la vida

Elegir un anillo de compromiso es una decisión importante. Spence Diamonds es el mayor minorista de diamantes de Canadá, y su negocio se basa en cómo ayudar a las personas en el proceso de elección.

Al conversar con los clientes en las tiendas y en sus casas percibimos su preocupación por el coste, el estilo y por el hecho de tomar una decisión tan importante. Después de todo, no es solo un diamante, es un compromiso.

Diseñamos un nuevo enfoque de venta más orientado al autoservicio para que los clientes puedan marcarse su propio ritmo, reduciendo la ansiedad y permitiendo al personal que se incorpore al proceso más adelante, cuando sea más necesaria su pericia. Diseñamos pausas incluso en esa última parte del viaje del cliente, para que nuestras parejas felices pero ansiosas puedan hablar en privado; a veces, prestar un buen servicio significa mantenerse en segundo plano. También hay momentos en los que la casa debe ofrecerse a compartir su pericia y a asumir una parte de la responsabilidad al tomar la decisión. Basándonos en lo que nos contaban nuestros clientes, instituímos un lenguaje nuevo, más simple, respaldado por herramientas profesionales que ofrecen a los clientes la información seria necesaria para tomar la decisión de «inversión» adecuada. Este nuevo proceso de venta se puso en práctica mediante el diseño del entorno de venta, la creación del mobiliario y de los accesorios y la formación de los empleados.

Como resultado global, Spence Diamonds cuenta con un sistema mejor para ayudar a sus clientes que va más allá del mero servicio de atención al cliente personalizado tradicional, lo cual le permite seguir desarrollando su negocio y proporcionar a sus clientes la ayuda adecuada.



DISEÑAR EXPERIENCIAS

En el proceso y en los ejemplos que acabamos de exponer, hemos dado la vuelta a las convenciones. Para *diseñar innovación radical*, en primer lugar debemos preguntarnos cómo podemos mejorar la experiencia vital de nuestros clientes y, en segundo lugar, cómo podemos aprovechar para impulsar la innovación empresarial y satisfacer las necesidades de nuestra empresa. Este planteamiento es contrario al enfoque tradicional de atender primero a la oportunidad para la empresa y averiguar luego la manera de hacer que sea atractiva para los clientes. Incluso entre las empresas sofisticadas que defienden un enfoque centrado en el cliente, el lenguaje diario que los ejecutivos hablan y escriben en sus presentaciones es lo que demuestra si están o no pensando en el futuro desde el punto de vista de sus clientes o si únicamente intentan ser más sofisticados en su forma de explotarlos. Hablando claro, entendemos las necesidades del negocio y nuestra motivación no es altruista ni filantrópica, pero hemos visto cómo las empresas que benefician a los consumidores son las que más éxitos cosechan. La vía hacia el éxito empresarial pasa por tener en cuenta continuamente el bien del consumidor.

El cambio que estamos atravesando es un ciclo auto-reafirmante. A medida que los consumidores, los clientes y los electores experimentan un producto o un servicio mejor, sus expectativas aumentan y los llevan a seguir buscando productos o servicios aun mejores. Además, la gente ha aprendido a trasladar sus expectativas de una categoría a otra: «Si es tan fácil comprar música por Internet, ¿por qué no puedo comprar zapatos de la misma forma? No quiero saber si es difícil o no; no me importa si la música es digital y los zapatos físicos; el coste del envío es problema suyo; no me interesa la antigua jerarquía del sector del calzado y me iré con el primero que me resuelva este problema». En la actualidad, Zappos.com es uno de los grandes minoristas de calzado en Estados Unidos y sus

“Para *diseñar innovación radical*, en primer lugar debemos preguntarnos cómo podemos mejorar la experiencia vital de nuestros clientes y, en segundo lugar, cómo podemos aprovechar para impulsar la innovación empresarial y satisfacer las necesidades de nuestra empresa”

ventas superan los 1.000 millones de dólares anuales. Una gran parte de su éxito responde a algo que va más allá de los meros zapatos: Zappos ofrece un servicio gratuito de envío y devolución y busca constantemente nuevas formas de reforzar la interacción con sus clientes a través de su sitio web, del teléfono o de las redes sociales. El resultado es que se han hecho famosos por su excelente servicio al cliente y tienen una clientela muy fiel. Zappos ha creado lo que para mucha gente es una experiencia de compra de zapatos mejor.

Al colocar a los clientes, a los consumidores y a los electores en el centro estamos considerando la experiencia total del usuario. Los consumidores improvisan sus experiencias a partir de los productos y de los servicios que tienen a su disposición; eligen entre las alternativas disponibles y sustituyen unas por otras. Al diseñar experiencias mejores y más completas, ofrecemos a los consumidores ladrillos más grandes para construir sus vidas, con los que resulta más

sencillo conformar experiencias más ricas. Reducimos la necesidad de improvisar de los clientes y les ahorramos tener que considerar distintas opciones. Responsabilizarse de una parte mayor de la experiencia total del usuario va en beneficio de la empresa, porque en un mundo de paridad técnica los productos se copian fácilmente, pero una experiencia de cliente intachable es más difícil de imitar.

Las experiencias son más personales y emocionales que los productos. Para diseñar experiencias es preciso estar en sintonía con los matices locales. Con la expansión de los negocios mundiales, las empresas han pasado de los productos diseñados localmente a los productos distribuidos mundialmente. Ahora estamos de nuevo en un proceso de transformación a «experiencias mundiales locales» hechas a la medida de las necesidades específicas de cada grupo de consumidores locales.

No somos más que las experiencias que vivimos, y queremos que estas experiencias sean inmejorables y estén validadas por los demás. Como usuarios —clientes, consumidores y electores— nos estamos acostumbrando a tener el control y a exigir las experiencias apropiadas: la experiencia más simple, la experiencia más tranquilizadora, la experiencia más rica. Algunas experiencias pueden parecer banales, como limpiar el suelo; otras suponen un cambio vital esencial, como controlar la diabetes; y otras tienen una gran carga emocional, como comprar un anillo de compromiso. Pero juntas, estas experiencias conforman la totalidad de nuestras vidas materiales. Cada parte de la experiencia humana merece nuestro respeto y debería diseñarse con esmero. Como resultado de los avances de la tecnología de la comunicación y de la creciente globalización, ahora se puede pensar aun con más detenimiento que antes sobre cada elemento de nuestra experiencia y amortizar el coste del diseño entre un número de usuarios cada vez mayor. Como diseñadores, tenemos el privilegio de utilizar nuestro talento para ayudar a la gente de este modo.

“Al diseñar experiencias mejores y más completas, ofrecemos a los consumidores ladrillos más grandes para construir sus vidas, con los que resulta más sencillo conformar experiencias más ricas”

BBVA

Innovación: tras la palabra de moda

Pascal Sobol
Ideo

¿Cuál es la diferencia entre dos ciudades de primer orden como Sídney y Nueva Orleans? La primera tiene un auditorio que acoge actuaciones memorables, mientras que la segunda es prácticamente sinónimo de gran música. En otras palabras, Sídney *acoge* maravillosas «experiencias culturales», mientras que Nueva Orleans las *cultiva*. Como Nueva Orleans mantiene una mentalidad artística —y tantos de sus vecinos y visitantes se identifican con este propósito creativo—, músicos de lugares remotos acuden allí, ansiosos por tocar, experimentar y desafiar el statu quo.

Al hablar de innovación, se pueden establecer paralelismos similares en el mundo de los negocios. Algunas empresas contratan habitualmente personal cualificado en I+D para aportar productos y servicios que merezcan la pena —y al hacerlo ayudan a mantener la competitividad de la organización—. Pero otras compañías dejan que la creatividad empape su cultura corporativa, animando a todos los empleados, más allá de silos y jerarquías, a adoptar un enfoque creativo a la planificación y a la resolución de problemas. En otras palabras, algunas empresas confían en los expertos «creativos» contratados en sus departamentos de innovación para guiar las iniciativas innovadoras, mientras que otras han hecho de la innovación una prioridad corporativa a través de todos los departamentos.

¿Entonces? ¿No es ser «innovador» simplemente uno de los muchos objetivos que persigue una empresa? Y ni que decir tiene que a algunas se les da mejor que a otras. Aun así, mientras muchos líderes empresariales declaran que quieren ser más innovadores para seguir siendo competitivos —y cada vez están más convencidos de que la innovación es esencial para la supervivencia de una organización—, rara vez se paran a pensar hasta qué punto esta realmente necesita dar forma a su organización de forma global.

Con el fin de convertir de verdad la innovación en una ventaja competitiva con la que un negocio pueda contar, esta necesita evolucionar más allá de ser una actividad que involucre solo a unos pocos, para convertirse en un estado de ánimo a través de toda la organización. Aprovechemos esta oportunidad para examinar por qué una cultura organizacional de innovación es tan crítica hoy en día, y cómo un líder de empresa puede fomentarla.

¿POR QUÉ SER INNOVADORES?

Cada dos años, IBM pide a varios miles de directores generales y consejeros delegados de todo el mundo que comenten el estado de la economía e identifiquen los retos más importantes en el horizonte. La «complejidad»

organizativa ocupa actualmente el primer lugar de la lista. El último estudio (de mayo del 2010) también muestra un cambio notable en cómo los ejecutivos piensan que deberían tratar esta complejidad. Por primera vez, los CEO afirmaron que la cualidad más importante de liderazgo hoy en día es la «creatividad».

Leyendo los detalles de este estudio, nos damos cuenta de que estos CEO no se referían a la creatividad solo en el sentido de buenas ideas para nuevos productos y ofertas. La cuestión cala mucho más hondo. Estos ejecutivos se refieren a la clara necesidad de enfocar creativamente cada aspecto de sus organizaciones, de manera que estas se puedan adaptar al cambio rápido y sostenido del mercado. Quieren experimentar constantemente con nuevas tecnologías y modelos de negocio, así como definir, y redefinir constantemente, la relación con sus clientes. Estos CEO precisan, a fin de idear medios innovadores con los que abordar la complejidad sistémica, pensamiento creativo, a su vez, a nivel de sistema.

Basándose en sus entrevistas, los autores del estudio destacaron tres modos de conseguir esto: incorporar un liderazgo creativo, reinventar las relaciones con el cliente, y desarrollar una destreza operativa.

En otras palabras, incluso los líderes de negocio que antes confiaban en el enfoque

«Sídney» a la innovación, ven ahora el valor de atraer la mentalidad «Nueva Orleans» a sus organizaciones. Hace una década, era suficiente con replantear periódicamente la oferta de una empresa. Hoy en día, es crucial evaluar a la organización completa de manera continua, incluyendo sus productos y servicios, su estructura, así como sus relaciones con clientes y empleados.

EL CAMBIO YA ESTÁ OCURRIENDO

Muchos negocios de vanguardia están poniendo ya estas tres ideas en práctica. La dirección creativa en Zappos, por ejemplo, implica ofrecer una suma considerable de dinero a cualquier nuevo empleado que decida *dejar* la empresa, para asegurarse de que los trabajadores que se quedan *realmente* quieren estar allí. Mientras, Nike está comprobando que redefinir las relaciones con sus clientes puede ser una oportunidad seria de negocio —su plataforma «Nike ID» de co-creación, que permite a los usuarios diseñar sus propias deportivas dentro de unos límites predefinidos, superó la barrera de los 100 millones de dólares en facturación a principios de año—. Y Apple ha estado enseñando al mundo destreza operativa durante años: muestra repetidamente una extraña habilidad para ramificarse en nuevos mercados, reinventándolos a nivel

Incorporar un liderazgo creativo. «Los líderes creativos invitan a la innovación rompedora, animan a los demás a abandonar metodologías obsoletas y asumen riesgos equilibrados» anotaron los autores. «Son abiertos e imaginativos a la hora de ampliar sus estilos de gestión y comunicación, especialmente con el fin de comprometerse con una nueva generación de empleados, socios y clientes.»

Reinventar las relaciones con el cliente. «En un mundo tremendamente interconectado, los CEO dan una prioridad sin precedentes a la proximidad al cliente. La globalización, combinada con un aumento espectacular de la información disponible, ha ampliado exponencialmente las opciones de los clientes», escribieron los autores. «Los CEO afirman que el compromiso permanente y la creación compartida con sus clientes generan diferenciación. Consideran que la explosión de información es su mejor oportunidad para desarrollar un conocimiento profundo sobre el cliente.»

Desarrollar una destreza operativa. «Los CEO están remodelando sus operaciones a fin de estar listos para actuar en cuanto surjan oportunidades o retos», observaron los investigadores. «Simplifican y, en ocasiones, enmascaran la complejidad bajo su control y ayudan a los clientes a hacer lo mismo. Unas estructuras de coste flexibles y su capacidad de asociación les permiten ampliar o recortar sus operaciones de forma inmediata.»

Fuente: Estudio Global de IBM de consejeros delegados y Alta Dirección, p. 10, mayo de 2010

sistémico y desarrollando ofertas sumamente deseables que desbaratan la oferta establecida.

La motivación de los líderes de negocio para innovar creativamente no es únicamente tener una oferta competitiva en el mercado, sino también asegurar que la organización en su conjunto se mantiene capaz de responder con celeridad a un entorno de negocio que está cambiando más deprisa que nunca, a todos los niveles.

¿CÓMO HACER UNA ORGANIZACIÓN MÁS INNOVADORA?

Puede no resultar obvio cómo los líderes empresariales fomentan la creatividad para abordar la complejidad sistémica que vienen observando en sus organizaciones. Sin embargo, hay una clase de empresas que han vivido durante años la unión de enfoque creativo y consultoría estratégica, y nuestra compañía es una de ellas. De manera que algunas de las respuestas ya están ahí fuera. Observemos con más detalle algunas de ellas.

Lo que los directores generales y consejeros delegados del estudio de IBM están describiendo es, en esencia, la necesidad de un enfoque a la organización y dirección de sus empresas más guiado por el diseño, un enfoque inspirado en la percepción o *insight*, y más rico en experimentación.

Los diseñadores son expertos en reinventar su forma de trabajar a la par de lo que están creando. Las agencias de innovación estratégica como Ideo están abordando una gran cantidad de retos para clientes de sectores cada vez más diversos de la industria, desde desarrollar la experiencia del cliente en centros de servicios gubernamentales, hasta diseñar desde cero una empresa de capital semilla. Nuestro enfoque, ahora conocido como pensamiento de diseño o *design thinking*, evolucionó a lo largo de la pasada década aplicando un proceso de diseño centrado en las personas a gran número de proyectos. Otrora valorado exclusivamente en las «profesiones creativas», el *design thinking* se enseña en las principales escuelas de negocios

para dar respuesta a retos estratégicos complejos en prácticamente todas las industrias.

CAMBIO A TRAVÉS DEL DISEÑO

El pensamiento de diseño o *design thinking*, inspirado en la observación del mundo real, se enraiza en el comportamiento y las necesidades humanas. Como tal, aplicar el pensamiento de diseño permite a los líderes empresariales basar sus decisiones en la realidad, en vez de en la teoría o en suposiciones. A su vez, facilita a los CEO la tangibilización de acciones estratégicas mucho más temprano en el proceso que los métodos tradicionales de gestión. Al estar el diseño en el fondo de este enfoque, las estrategias tienden a plasmarse en prototipos de marca, publicidad hipotética y escenarios de uso, en vez de en gráficos de tartas o de barras. Esto hace que el resultado de un proyecto estratégico sea mucho más comunicable y fácil de entender dentro de la organización.

Con el estudio de IBM que clasifica la creatividad como la cualidad de liderazgo más importante, es claramente el momento adecuado para ver cómo el pensamiento de diseño puede aplicarse a hacer más innovadoras a las organizaciones enteras. Así pues, al hilo de la argumentación de estos CEO de todo el mundo, examinemos un poco más en profundidad las principales áreas de oportunidad que han esbozado. Siguiendo la estructura del estudio, podemos destacar algunos temas recurrentes, que hemos venido observando en conversaciones cotidianas en Ideo sobre cómo hacer que las organizaciones sean más innovadoras.

INCORPORAR UN LIDERAZGO CREATIVO:

Propósito, no visión

A fin de aprovechar las fuerzas innovadoras dentro de la empresa, es fácil asumir que la principal responsabilidad de la dirección es proyectar una visión poderosa sobre adónde se dirige la empresa. Después de todo, el paradigma clásico de negocio asigna al director general la posición de «visionario». Desgraciadamente,

la idea de que el jefe siempre tiene la razón ya no suena tan veraz. En tiempos de complejidad extrema, no es realista esperar que la dirección tenga el dominio de todas las respuestas, a pesar de lo exhaustivamente informados que puedan estar por parte de los miembros de su equipo.

No obstante, aún hoy se espera en la mayoría de las organizaciones que las ideas lleguen, en mayor o menor medida, desde arriba. En el estudio de IBM los CEO, sin embargo, parecen alzar las manos y decir: «Escuchad chicos, esto ya no funciona así. Con todo lo que tenemos bajo nuestra responsabilidad, no podemos estar además monitorizando cada tendencia tecnológica, cada fenómeno social y cada juego de negocio relevante para nuestra empresa».

Reconocer que la dirección no tiene todas las respuestas es una muestra de fuerza más que de debilidad: invita a todos los empleados a dialogar sobre dónde se encuentra la empresa, y hacia dónde debería ir.

Las empresas más avanzadas se definen a través de un propósito unificador más nítidamente que a través de una visión del líder. Una «visión» implica una cultura jerárquica y sugiere que la dirección establece el rumbo, mientras que el resto de la organización se limita a ejecutar aquella visión. Sin embargo, las organizaciones innovadoras son cada vez más conscientes de que no existe un único camino «correcto» para hacer las cosas, y de que ninguna persona sola sabe lo suficiente como para tener el plan maestro perfecto.

Líderes como comisarios de exposición

En lugar de eso, los líderes innovadores se ven a sí mismos mucho más en un papel similar al de comisario de exposición. Permiten —y exigen— experimentación a sus empleados dentro de los límites de un marco general que establecen como comisarios. A su vez, se aseguran de que todo el mundo conozca el propósito de la organización, tanto dentro como fuera de ella. Es decir, qué significa este propósito en líneas generales,

a fin de asegurar que la experimentación sea compatible con los valores de la empresa.

Ikea, por ejemplo, se ha construido cuidadosamente sobre el propósito que estableció su fundador, Kamprad, hace treinta años: «Hemos decidido, de una vez para siempre, alinearnos con la mayoría. Lo que es bueno para nuestros clientes es también bueno, a largo plazo, para nosotros», dijo. Quería «crear un día a día mejor para la mayoría de la gente». Hay que señalar que no se trata de una visión sobre el futuro del mobiliario de embalaje plano, o sobre adónde se dirige la marca. Se trata de una declaración de intenciones de dimensiones casi políticas. Cada decisión de negocio se puede medir por ella y, aún así, deja espacio suficiente para desarrollar ideas que Kamprad era incapaz de prever en aquel tiempo.

Aliente desde arriba, cultive desde abajo

A fin de que todo el mundo en la organización tenga conciencia de la innovación, el pensamiento innovador ha de alentarse y recompensarse desde arriba. Al mismo tiempo, la dirección ha de proporcionar el espacio para que las ideas crezcan y florezcan desde abajo. Esto puede sonar sencillo, pero es lo contrario a como la mayoría de las organizaciones funcionan hoy en día. La mentalidad predominante es la jerarquía y el evitar riesgos *a toda costa*.

Los empleados de la mayor parte de las organizaciones tienden a creer que, si algo no es «su trabajo», no necesitan responsabilizarse de ello. Pero la innovación es demasiado importante como para dejarla únicamente en manos de las designadas unidades de innovación. Aunque se comprueba que el personal especializado resulta útil, ningún grupo podrá estar jamás a la altura del potencial creativo de todos los cerebros combinados. El trabajo del especialista no es necesariamente tener la respuesta, sino más bien localizar y reunir a las personas que más saben sobre la tarea en cuestión, y darles permiso y el espacio necesario para ser creativos de forma bien enfocada.

Búsqueda de inspiración en el mundo real al revivir la experiencia del paciente



La innovación es tarea de todos

Cuando una cadena privada de hospitales en los Estados Unidos pidió ayuda a Ideo para mejorar la experiencia de sus pacientes, nuestro equipo asumió el reto de gestionar un proceso de co-creación. Todas las ideas que generamos y llevamos a prototipo procedían de médicos, enfermeras, pacientes y familias. Invitamos a todos a participar, esperando que aportaran al proyecto sus mejores pensamientos, y reconocimos su aportación al resultado: de este modo logramos que nos lanzaran un torrente de ideas. Esto hizo que pudiéramos concentrarnos en coordinar el proceso, estableciendo unas directrices para asegurarnos de que todo el mundo se ajustaba al propósito del proyecto. De esta forma, nuestro equipo se las arregló para convertir la innovación en un estado mental para todos los empleados del hospital.

Ideo no está solo con el enfoque del pensamiento de diseño. El antiguo director ejecutivo de Procter & Gamble, A. G. Lafley, reconoció la necesidad de extender el pensamiento innovador dentro de la compañía mucho antes que sus competidores. En su libro *The Game Changer (Cambio de juego)*, concluyó: «La innovación es trabajo de todos». Cuando Lafley modernizó la infraestructura de innovación de P&G al principio de esta década, dejó clara su expectativa de que toda la plantilla fuera innovadora al crear el P&G Gym. The Gym («el Gimnasio») es un entorno de laboratorio diseñado para desarrollar rápidamente

ideas e iniciativas, de forma que puedan fracasar o destacar enseguida. Cualquier equipo interno puede apuntarse al Gym y obtener orientación para innovar, así como apoyo para llevar sus proyectos al siguiente nivel. Esto permite a P&G respaldar las mejores ideas, sin importar dónde se originan dentro de la empresa.

Mire más allá de lo cuantificable

La mayoría de las organizaciones trata de eliminar totalmente la ambigüedad en el proceso de desarrollo. Con el fin de evitar esta ambigüedad, hacen de los datos cuantitativos su principal medio de información. Esto es bueno cuando se persiguen metas como el control de calidad o el cumplimiento de la normativa. El problema es que, para desarrollar ideas realmente rompedoras, los innovadores han de mirar más allá de lo que es cuantificable. Cuando una necesidad se puede medir en encuestas, ha pasado de su estado latente al explícito, y a buen seguro ha sido abordada ya por algún competidor. En otras palabras, una vez que la gente puede articular qué es lo que necesita, la solución está a la vuelta de la esquina. Los conocimientos cruciales para crear innovación disruptiva no se pueden expresar inicialmente en números. Como innovadores, necesitamos tratar con una unidad de cambio diferente, y la dirección ha de estar en posición de aceptarla.

A fin de posibilitar que los equipos de innovación lleguen a soluciones que cambien las reglas del juego, los líderes han de mitigar el miedo de los empleados a ser derribados en las salas de reunión si no presentan suficientes datos cuantitativos para apoyar sus argumentos. En lugar de esto, los líderes deberían animar a los equipos a trabajar más como detectives que como estadísticos, y proceder sin la típica red de seguridad de los gráficos de tarta y los porcentajes. A veces, solo hace falta una percepción o *insight* aparentemente pequeña para conducir a una idea rompedora.

Así como un detective busca pistas que no necesariamente puede justificar de forma

inmediata, los innovadores recogen percepciones o *insights* que son difíciles de evaluar en un primer momento. Pero correctamente procesadas, su valor será relativamente rápido de determinar, en lo que debería ser un diálogo continuo con clientes potenciales. La calidad de estos *insights* es la divisa en organizaciones altamente innovadoras.

Abrace la ambigüedad

Hace unos años, en un proyecto para el Bank of America, un equipo de Ideo estaba desarrollando ofertas innovadoras para madres. El mercado estaba plano, y el movimiento de clientes era significativo (la base era cara de mantener). Cuando el equipo entrevistó a unas pocas docenas de mamás, emergieron dos *insights*: primero, el acto de ahorrar era emocionalmente gratificante, incluso cuando la cantidad ahorrada era muy pequeña. Segundo, algunas mujeres del público objetivo tenían la curiosa costumbre de redondear hacia arriba sus recibos de luz, gas y electricidad al pagarlos con cheque. Nadie sabía a dónde llevarían estas observaciones, e inicialmente las presentamos simplemente como tales: observaciones. En el transcurso del proyecto, sin embargo, resultó que estas percepciones o *insights* establecieron una base fértil para cultivar ideas.

Una idea fue la de combinar cuentas de ahorro y cuentas corrientes a fin de hacer el acto de ahorrar inconsciente y lúdico: cada transacción en la cuenta corriente se redondearía hacia arriba, y la diferencia se depositaría en la cuenta de ahorro. Esto evolucionó en el programa «Keep the Change» («Quédate con el cambio») del Bank of America, que resultó ser una propuesta atractiva y fácilmente comprensible para muchos clientes. El programa permitió al banco desviar parte de los dólares de *marketing* gastados en recuperar clientes hacia un plan paralelo orientado a retenerlos. Desde que se introdujo «Keep the Change», se han dado de alta más de 12 millones de clientes, y han ahorrado de forma colectiva más de 3 billones de dólares.



El programa «Keep the Change» se basó enteramente en la observación cuidadosa de unas pocas personas. Si el equipo Ideo hubiese trabajado bajo la presión de tener que cuantificar el valor de sus percepciones o *insights* a cada momento, la idea nunca hubiera abandonado la sala de reuniones.

Análisis e interpretación de *insights* o percepciones para hacerlas estratégicamente valiosas

REINVENTAR LAS RELACIONES CON EL CLIENTE

En Procter & Gamble, Lafley no solo promovió una cultura de innovación dentro de la empresa, sino que puso un énfasis considerable en la relación con el cliente. Exigió que todo el mundo en su organización entrase en contacto con el consumidor final. Lafley era conocido por realizar visitas a hogares a fin de dar ejemplo y mantenerse informado. Se percató de que, para tomar decisiones acertadas, su equipo necesitaba tener la intuición bien fundamentada en el mundo real. Entendió la importancia de la relación con el cliente no solo para propósitos de *marketing*, sino también para desarrollar una oferta relevante.

Una década después, muchos líderes de empresa reconocen la necesidad de que el cliente desempeñe un papel central en el proceso de innovación. No obstante, las opiniones sobre cómo involucrar al cliente difieren cada vez más,

especialmente cuando se trata de su aportación al comienzo del proceso. Algunas compañías aún confían en encuestas y estudios cuantitativos. Otras se han diversificado y empiezan a colaborar con clientes mediante herramientas *online*, que actualmente ofrecen una pléthora de canales de comunicación que las empresas pueden emplear para tener presente el punto de vista del cliente desde muy temprano en el proceso.

De «¿Qué podemos hacer?» a «¿Qué deberíamos hacer?»

Parece obvio afirmar que la innovación debería estar impulsada por las ventajas proporcionadas (¿a los clientes?), y no por las herramientas que nos permiten proporcionarlas. Sin embargo, en la mayor parte de las organizaciones de hoy en día, la innovación está anclada únicamente en los departamentos de I+D. Tradicionalmente, la mayoría de los equipos de innovación y desarrollo tiene una visión del mundo centrada en la tecnología. Si bien mirar a la tecnología para innovar es una forma válida de generar ideas, es intrínsecamente limitada. Al tener en la mano una pieza de nueva tecnología y buscar aplicaciones apropiadas, es difícil evitar el síndrome de «si soy un martillo, el mundo parece estar lleno de clavos».

Los ejemplos más radicales de innovación pueden incluir nuevas tecnologías, pero fueron diseñados desde *insights* o percepciones profundas sobre el consumidor. Tomemos el caso del epítome de la innovación, el iPod de Apple. El

iPod no fue pionero de ninguna nueva tecnología en particular: reinventó una experiencia. El aparato se basó en la percepción de que los consumidores ansiaban tener un sistema elegante que les permitiera descubrir, comprar, almacenar y disfrutar de su música en marcha. Varias tecnologías se combinaron entonces para crear este sistema. Aun así, es poco probable que Apple hubiera llegado a la misma solución observando discos duros de última generación y preguntándose a la vez: «Entonces, ¿qué podríamos hacer con esto?».

Hoy en día, ingenieros, programadores y científicos son capaces de crear casi todo. La cuestión se ha desplazado del «¿Qué podemos hacer?», orientado a I+D, al «¿Qué deberíamos hacer?», centrado en el cliente. La última es, por supuesto, una pregunta que las organizaciones deben responder de forma global.

Las empresas deberían recelar de la llamada «trampa del impulso tecnológico» (o «technology push trap»). Siempre es seductor emplear nuevas tecnologías como punto de partida cuando se buscan ofertas innovadoras. Pero el peligro está en perder de vista la necesidad humana al focalizarnos demasiado estrechamente en la tecnología. Hemos encontrado que, a menudo, la innovación de éxito sucede cuando ingenieros, especialistas en usuario y expertos en negocio dan forma a una iniciativa desde su comienzo. Como equipo interdisciplinario, juntos pueden garantizar que cualquier solución que propongan sea deseable, técnicamente factible y económicamente viable.

Encuentre inspiración en el mundo real

Existe un dilema muy común en las empresas que lideran el mundo de la innovación: para ellos, no es tan obvio dónde buscar nuevas ideas como lo es para sus seguidores. La competencia no puede proporcionar mucha ayuda, ya que esto significaría esencialmente mirar hacia atrás. Muchos pioneros de la innovación en diversos campos han comprendido que la clave es inspirarse en actitudes y comportamientos del



Rápida generación de una gran cantidad de ideas mediante una serie de sesiones de *brainstorm*

mundo real. Esto les permite encontrar y actuar sobre oportunidades de cambio sustancial en sus mercados antes de que nadie más pueda irrumpir en ellos. Cómo detectar estas oportunidades es una pieza crucial de su continuado éxito.

Toda gran organización tiene un departamento de investigación de mercado y es capaz de realizar encuestas y evaluar conceptos con consumidores finales. Sin embargo, la realidad que observamos es que, mientras numerosas organizaciones se consideran a sí mismas bien informadas sobre sus consumidores, muy a menudo se ahogan en un mar de datos, sin obtener ningún conocimiento.

Planear la recogida de inspiración del mundo real en forma de ejercicios abiertos e inspiradores, con herramientas como la etnografía o el análisis de experiencias análogas, suele ser la mejor forma de acometer el reto de la innovación.

Inspírese primero, cuantifique después, mucho después

En nuestra experiencia, las herramientas de investigación se emplean a menudo de forma errónea. Lo acostumbrado es emplear métodos cuantitativos desde las primeras fases del proceso, cuando lo que en realidad se necesita no son números, sino inspiración. La sensación de seguridad que proporcionan los números es clara: para convencer a cualquiera dentro de la empresa, los empleados sienten que han de ofrecer cifras estadísticamente relevantes, respaldadas por muestras representativas de su público objetivo. La necesidad de verificar con números es comprensible, pero ahoga la inspiración y se debería posponer hasta mucho más tarde en el proceso. Los métodos cuantitativos son fantásticos para evaluar conceptos suficientemente desarrollados, pero no inspiran pensamientos nuevos en un principio. Por el contrario, aplicados al inicio del proceso tienden a ralentizar, encarecer y hacer menos eficaz la búsqueda de innovación. Los estudios cuantitativos no están

hechos para permitir resultados inesperados, ya que el ámbito en el que los entrevistados eligen sus respuestas está predeterminado al diseñar el estudio.

Los individuos inspiran grandes cambios

La inspiración se puede encontrar habitualmente de forma mucho más eficaz mediante un enfoque etnográfico, en el que se observa a muy pocos individuos a los que, sin embargo, se entrevista en gran profundidad. Este enfoque resulta mucho menos costoso en tiempo y dinero, y es mucho más probable que indique direcciones interesantes a los innovadores.

Un proyecto de Ideo en particular proporciona un ejemplo ilustrativo. Al trabajar para un proveedor de tarjetas de crédito, nuestro equipo de diseño entrevistó a una mujer que se consideraba una compradora compulsiva y había acumulado una deuda considerable en su tarjeta de crédito. Cuando nuestros investigadores le preguntaron si estaba satisfecha con los servicios de tarjeta que su banco le ofrecía contestó: «Claro». Una encuesta cuantitativa se hubiese



Entrevistas a usuarios de cajeros automáticos sobre sus percepciones financieras y observación de su comportamiento



detenido ahí y anotado que la usuaria está satisfecha con la oferta. Pero cuando le pedimos que nos mostrara su rutina de compras en línea, nos enteramos de que guardaba su tarjeta de crédito en un bloque de hielo en el congelador, en vez de en su cartera, para poderse resistir mejor a usarla. Al cuestionarla sobre su comportamiento, procedió a contar largo y tendido que no se fiaba de sí misma para tomar decisiones rápidas de compra, así que se obligaba a esperar a que el bloque de hielo se derritiera para liberar la tarjeta antes de realizar la compra. Esto le daba un tiempo adicional para considerar, y reconsiderar, su decisión.

Este ejemplo ilustra cómo un enfoque de pensamiento de diseño puede desenterrar una verdad más profunda que los métodos tradicionales: la encuesta «cuantificable» hubiera mostrado una clienta que está satisfecha con su tarjeta de crédito. Las observaciones centradas en las personas hurgaron más profundamente en cómo la clienta usa en realidad la tarjeta. El hecho de que intentara modificar sus patrones de comportamiento, percibidos negativamente por ella misma, ofreció inspiración e *insight* para el diseño. No parece probable que ella sea la única con esta necesidad, lo cual lleva a cuestionarse qué clase de productos querían ofrecer los bancos para ayudar a los usuarios de tarjetas de crédito a superar su posible adicción a las compras. Si esta necesidad está o no realmente extendida, se puede comprobar en un intervalo de semanas, en las que se generan nuevas ideas y, partiendo de estas, se da forma a conceptos.

Apunte más allá del público objetivo

Nuestros diseñadores comienzan cada proyecto pasando un tiempo considerable con unos pocos consumidores finales, para entender no solo lo que hacen y dicen, sino también lo que piensan y sienten. Cuando nos dispusimos a «descubrir todas las posibilidades comerciales del canal autoservicio» para BBVA, por ejemplo, observamos y entrevistamos a personas que utilizaban cajeros automáticos de forma regular. Hicimos la misma investigación con gente que no usaba cajeros. Desvelar las limitaciones de una oferta actual requiere no solo al público objetivo, sino también a los usuarios «extremos», o personas cuyo comportamiento es, *en ciertos aspectos relevantes, extremo*.

Por ejemplo, al buscar inspiración cuando trabajamos en un proyecto con la marca de sandalias Havaianas, nuestros equipos no solo hablaron con playeros brasileños y *fashionistas* urbanos en Europa. Adicionalmente, eligieron tener conversaciones en profundidad con un fetichista confeso de zapatos y un monje budista que no había usado zapatos en años. Las personas que muestran comportamientos extremos lo hacen habitualmente debido a necesidades, creencias o actitudes extremas. Estos factores tienden a existir también en un determinado público objetivo, aunque de una forma mucho menos pronunciada y, por ello, más difícil de detectar. Por consiguiente, hablar con usuarios extremos es otra forma de revelar necesidades latentes dentro de un grupo objetivo.

En el caso de BBVA, la mayor limitación a la interacción del cliente con los cajeros automáticos no era la información, servicios o ventajas proporcionadas, sino la manera en la que aquellos se presentaban. Muchos clientes sentían que las máquinas no eran lo suficientemente intuitivas, transparentes, o fiables. El proyecto de diseño, que en principio proponía extender las funcionalidades del cajero, pronto derivó en hacer las funciones existentes más accesibles, humanas e intuitivas. Con BBVA, el equipo de diseño desarrolló una nueva máquina con una

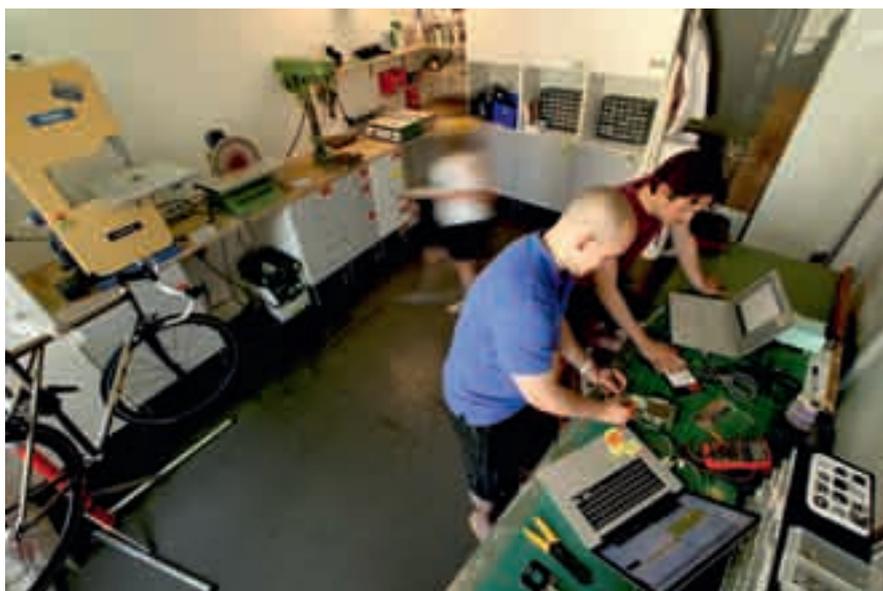
interacción mucho más humana. Sobre esta plataforma, el banco podrá ampliar las ventajas que ofrezca en el futuro.

Vaya más allá de lo literal

Como hemos descrito, la investigación cualitativa puede extraer percepciones o *insights* fascinantes del trabajo de campo, si bien no en una forma que una organización típica pueda digerir, y sobre la que pueda actuar. Habitualmente tienen forma de anécdotas, fotografías o citas individuales —no exactamente datos sobre los que una empresa está tradicionalmente preparada para formar una estrategia de negocio—. Lo que resulta crucial en la investigación inspirativa es cómo interpretar y usar los resultados. De hecho, traducir percepciones o *insights* de usuarios en oportunidades de negocio es la capacidad más importante —y a la vez infravalorada— en cualquier programa de innovación.

Después de todo, como negocio que busca soluciones de futuro, podemos hacer a los consumidores un montón de preguntas, pero no podemos esperar que nos sirvan «la Respuesta» al nivel que precisamos para basar en ella decisiones de negocio. Los consumidores en cuestión no son, por regla general, expertos en tendencias tecnológicas, ni están a la última en nuevas formas de hacer negocio. Su horizonte se limita naturalmente a su experiencia del statu quo, y a haberse adaptado a él de forma inconsciente, para bien o para mal. La centenaria cita de Henry Ford sigue siendo cierta: «Si hubiera preguntado a la gente qué es lo que querían, hubieran respondido que caballos más veloces».

En vez de tomar la aportación de los consumidores de forma literal, un equipo de innovación debe buscar pautas, elementos comunes y diferencias entre los habituales cientos de citas y observaciones. Esta información se agrega entonces hasta el punto en que se abre a direcciones interesantes. No hay ninguna garantía de que alguna de estas direcciones conduzca al éxito pero, siempre que los equipos recojan con frecuencia las reacciones y opiniones de



los consumidores, averiguarán en su momento qué dirección conecta más fuertemente con el mercado.

La construcción de prototipos permite a los equipos probar y evaluar ideas desde el principio del proceso

Mire más allá de su sector

A menudo, la inspiración se puede hallar en industrias completamente diferentes. Esto permite a los innovadores pensar al margen de la pauta habitual. Observar lo que sucede fuera de una industria ayuda, en particular, si las prácticas establecidas dentro de dicha industria han conducido a un estancamiento en el frente innovador.

Cuando un grupo de cirujanos rediseñó sus procedimientos quirúrgicos para la sala de urgencias con la ayuda de Ideo, encontraron inspiración en cómo los equipos de boxes en las carreras de automóviles de serie organizaban su trabajo en el circuito. Entre otras cosas, el grupo aprendió que los equipos de boxes trabajan con juegos repetidos de herramientas, organizados por escenarios probables de uso (digamos, juego uno para un neumático deshinchado, juego dos para reemplazar piezas de la carrocería, juego tres para fallos de suspensión —todos ellos contienen, ostensiblemente, una llave inglesa idéntica, entre otras herramientas—). Esto ahorra un tiempo crítico al reunir el equipo necesario

Creación de prototipos rápida y básica – a veces no hace falta mucho para transmitir el mensaje



cuando es preciso. Más interesante aun, los cirujanos probaron este mismo principio y encontraron que ahorra segundos vitales también en sus operaciones e implementaron su propia versión.

3. DESARROLLAR UNA DESTREZA OPERATIVA

Los autores del estudio de IBM describen esencialmente «destreza operativa» como la capacidad de una organización para adaptarse al cambio y su buena disposición a experimentar con su oferta, estructura y modelo de negocio. Los CEO que responden al estudio ven en ello una habilidad organizacional necesaria. En consecuencia, «destreza operativa» es el compendio de toda una serie de habilidades y mentalidades organizativas, algunas de las cuales son cruciales para que la innovación disruptiva rinda frutos.

Encuentre la Cuestión cero

Una iniciativa innovadora solo será tan buena como la pregunta que se propone responder, o su *brief*. Por esto es crucial que el *brief* se defina al nivel adecuado, es decir, lo suficientemente enfocado como para proporcionar los resultados adecuados y, a la vez, suficientemente abierto como para dejar espacio a efectos inesperados y disruptivos.

Al dar forma a un *brief*, a menudo encontramos que los clientes tienden a colar en este parte de una solución esperada, lo cual restringe dicho *brief* de forma innecesaria y obliga al

equipo a trabajar para resolverlo con solo una dirección en la que moverse. En nuestra experiencia, la mejor forma de crear un *brief* rico es determinar juntos cuál es la «Cuestión cero» en el contexto del reto que se va a tratar. Con esto nos referimos a la cuestión humana subyacente, la que señala la necesidad de mercado a nivel del individuo dentro del grupo objetivo.

Por ejemplo, al trabajar para una editorial especializada en libros de texto para universitarios, el equipo de proyecto de Ideo discutió muchos posibles puntos de partida. *Briefs* tales como: «¿Cómo vendemos más libros de texto?» no abordan lo esencial, porque asumirían que tanto el medio (libros) como el modelo de negocio (venta) son intocables, una suposición seriamente limitadora en tiempos de medios híbridos y de modelos de negocio en drástica evolución.

El *brief* que finalmente acordamos fue: «¿Cómo podemos apoyar mejor a los estudiantes en su aprendizaje?». Permitía al equipo moverse con seguridad dentro de los límites del propósito de la organización de nuestro cliente, a la vez que dejaba espacio suficiente para explorar nuevos medios y formas de comunicación con estudiantes, así como de facilitar la comunicación entre ellos.

Habiendo establecido cómo aprenden los estudiantes y cuáles son sus necesidades explícitas y latentes respecto a esta actividad —a menudo social—, el equipo estaba en posición de ahondar en cómo ayudar de la mejor forma a los estudiantes, apoyándose no en una sola tecnología, sino en unos cuantos canales mediáticos que los estudiantes ya manejaban. Esto trajo consigo una forma nueva de hacer negocio para nuestro cliente, con una mínima a nula curva de aprendizaje para los usuarios, lo cual suponía la garantía de una rápida adopción.

El fallo es esencial para la iteración

Después de recoger interesantes percepciones o *insights* en el trabajo de campo, con datos cualitativos que las respalden, las empresas pueden establecer su valor haciendo prototipos

y probando ideas rápidamente. La realización temprana de prototipos —aunque sea con herramientas básicas— que permite refinar paso a paso posibles soluciones, es esencial para evaluar cómo de técnicamente factible, económicamente viable y, en última instancia, deseable podría resultar una oferta.

Realizar prototipos como herramienta de innovación no se limita a los productos, sino que puede comprender a su vez espacios, servicios y procesos. Es importante que este proceso se realice temprano y que los innovadores solo inviertan el tiempo necesario para responder la cuestión más importante en cada momento, pero no más.

Los cirujanos mencionados anteriormente aprendieron de fuentes improbables en su búsqueda de oportunidades de innovación. Lo que hicieron a continuación fue crear prototipos e iterar hasta llegar a una solución innovadora. Construyeron y probaron numerosas ideas que fallaron, como se esperaba, antes de encontrar la solución ideal.

A menudo visto como algo negativo, el fracaso no fue un problema en este caso. Esto se debe a que se probaron muchas ideas, por lo que contaban con un número de opciones entre las cuales elegir y, en segundo lugar, porque el fracaso ocurrió al principio del proceso. Se dispusieron inmediatamente a crear prototipos de soluciones potenciales y a probarlas en quirófanos simulados. Si una idea no funcionaba, lo averiguaban en días o semanas, no en meses o años. Esto supuso poco tiempo perdido en testeos, poco dinero gastado hasta ese momento, y pocas oportunidades de enamorarse de una idea poco realista.

Desmitifique el fracaso

Por supuesto, nadie quiere fracasar estrepitosamente después de haber invertido millones en gastos de desarrollo. Pero cuando el fallo sucede pronto, antes de haber invertido un gran capital, y conduce a un mayor conocimiento, una empresa tiene muchas más posibilidades de éxito en el mercado en la próxima iteración.

Demasiadas organizaciones tradicionales aún consideran un tabú el fracaso —y en consecuencia evitan a toda costa fallar, incluyendo en la innovación—. El problema principal parece ser que las iniciativas que fracasan, a día de hoy, tienden a fallar demasiado tarde, lo cual encarece su fallo. Es por esto por lo que todo fracaso se percibe como malo y dañino para la imagen y las carreras profesionales. Sin embargo, la clase adecuada de fracaso debería ser un requisito. Como escribió Seth Godin en *The Purple Cow (La vaca púrpura)*: «La mayor parte del aprendizaje, especialmente el aprendizaje organizacional, ocurre mediante ensayo y error. El error ocurre, se quiera o no. El error es difícil de evitar. No está claro que la investigación o preparación tengan un impacto enorme en el error, especialmente en el error de *marketing*. El error, claramente, no escasea. El ensayo, por otro lado, es bastante escaso, especialmente en ciertas organizaciones. La gente cree equivocadamente que una forma de evitar el error con éxito es evitar el ensayo. Necesitamos más ensayo».

Comience en pequeño y amplíe después

Una vez desarrollado un concepto innovador que se considera lo bastante bueno como para llevar al mercado, suele quedar aún mucho que aprender en el camino de su perfeccionamiento. Para aprender en el mundo real, y a la vez mitigar el riesgo de fracaso, muchas empresas han perfeccionado el arte de empezar a pequeña escala y después ampliar sobre la marcha.

3M decidió lanzar las notas Post-it como nuevo producto en 1977, pero fracasó, ya que los consumidores no lo habían probado. Convencidos que el concepto en conjunto era sólido, un año después 3M distribuyó muestras gratuitas entre los habitantes de Boise (Idaho), en Estados Unidos. Nueve de cada diez personas de las que probaron las notas dijeron que comprarían el producto. En 1980, los Post-its se vendían a escala nacional en Estados Unidos. El resto es historia.

3M logró aprender en un entorno controlado sobre múltiples dimensiones de esta nueva

oferta: probaron cómo anunciarlo mejor, a quién dirigirse y dónde posicionar sus productos. Aprendieron cómo se usa el producto en realidad, cómo se percibe, y cómo podrían mejorarlo —todo esto concentrándose en una pequeña localidad de Idaho—. El «Boise Blitz» («Ataque de Blitz»), como sabemos que se conocía dentro de 3M, fue un paso muy inteligente para salvar la distancia entre el laboratorio de I+D y un despliegue publicitario a escala nacional, así como un gran ejemplo de comenzar en pequeño y ampliar.

Hacer que una organización sea tan innovadora como 3M puede parecer muy alejado de la realidad para la mayor parte de los líderes de empresa. Hacer de la innovación una mentalidad para toda la plantilla no es tarea sencilla, ni haciendo un gran salto de imaginación. Sin embargo, el aspecto positivo es que tampoco suele requerir cambios estructurales de fondo —en principio no hay reorganización, ni esfuerzos de

contratación a gran escala, ni cambios en los procesos de gestión que dificulten aprovechar el potencial innovador de una empresa. Todo lo que hace falta es que un líder de negocio inspirado ponga la innovación en la agenda de todos, predique con el ejemplo y dé a sus empleados espacio y permiso para ser creativos en un entorno seguro. Esta ya es en sí una tarea suficientemente difícil.

El viaje es ciertamente fácil de emprender para cualquier líder. Fiel al espíritu del pensamiento de diseño, la aproximación a la innovación de cualquier empresa debería imaginarse, llevarse a prototipo, iterarse y evaluarse primero a pequeña escala antes de extenderse, con objeto de convertirla en una habilidad correctamente adaptada a medida de la organización. De hecho, unos cuantos experimentos perfilados en el recuadro pueden servir de primeros pasos. Tómense los como sugerencias para recorrer las primeras millas en la ruta hacia Nueva Orleans.

Emprendiendo el viaje de la innovación

Muchas organizaciones se preguntan dónde o cómo empezar a ser más innovadoras, centradas en el usuario, y adaptables.

He aquí cinco experimentos para intentarlo:

1. Aproveche a los expertos que están al pie del cañón. Usted sabe ya mucho más de lo que cree. Toda organización tiene empleados que están en contacto diario con usuarios, clientes y socios. Pueden ser personal de ventas, técnicos de mantenimiento o teleoperadores. Estas son personas a las que el resto de la organización debería escuchar con atención y de las que debería extraer conocimiento.
2. Conozca a unos pocos clientes personalmente, uno por uno. Reúna a sus equipos de investigación de mercados en una visita al domicilio de sus clientes. Llegue a conocer a algunos y comience a descubrir pautas que señalen nuevas oportunidades de negocio. Es gratificante, revelador y sienta precedente dentro de la organización.
3. Pruebe a dirigir «sin números». Organice una iniciativa de innovación basada puramente en métricas *cualitativas*. Aprenda a usar las anécdotas de usuarios, a fiarse de la intuición de los expertos y a canalizar la pasión de sus empleados. Piense en personas, y no en gráficos. Lo más seguro es que la iniciativa avance más rápido, abarque más, y desvele oportunidades antes que las iniciativas agobiadas por la necesidad de justificar cuantitativamente sus esfuerzos a cada paso.
4. Pida a los equipos de innovación que lo cuestionen todo. Dentro de los límites del propósito de la marca, sus equipos deberían ser libres de cuestionar cada uno de los aspectos del statu quo. Reconozca que su empresa no se define por el producto o servicio actuales, y tampoco por un modelo de negocio, sino que estas son meras herramientas que le ayudan a lograr su propósito. No les haga estudiar a la competencia sino, en lugar de eso, permítales figurarse qué haría falta para desbaratar el mercado. Puede que los resultados sean radicales, pero también muy útiles para dar con una dirección en la que ponerse en camino.
5. Deje que sus equipos experimenten desde temprano y de forma segura. Pida que cualquier iniciativa de innovación incluya algún tipo de prototipo o experimento que muestre su progreso en cada reunión de control. Deje claro que a usted le gustaría ver todos los resultados, incluidos los que fallan en las pruebas, para poder hablar de lo que ha aprendido el equipo. Desafíe a sus empleados a discutir el trabajo inacabado con clientes tan pronto como sea posible y a hacer tangibles los posibles resultados, incluso si tienen la sensación de que están a medias. Permita fracasos «seguros» y celebre éxitos finales.

BBVA

Cultura innovadora: valores, principios y prácticas de primeros ejecutivos en empresas altamente innovadoras

Joaquim Vilá
IESE Business School

INTRODUCCIÓN

Una de las razones del tímido avance de la capacidad de innovar de muchas empresas e instituciones es que la innovación representa un problema aparentemente complejo para los altos ejecutivos que deben iniciar y liderar los cambios que una innovación robusta requiere. Innovar representa transformar nuevas ideas en resultados. Hay tres aspectos importantes que considerar en esta aproximación a la innovación. Primero, la mera generación de ideas, si estas no son implantadas, no obtiene ningún impacto deseado y no constituye innovación. Generar más ideas per se no nos hace más innovadores. Segundo, cuando la aplicación de una nueva idea se puede llevar a cabo sin alterar el día a día, esta corresponde más al ámbito de la mejora continua que de la innovación. Tanto la mejora continua como la innovación aportan una contribución, un impacto en el mercado o una mejora interna, pero lo que distingue a la innovación de la mejora es que la transformación de la idea innovadora requiere hacer algo distinto de lo que la empresa venía haciendo en el pasado. Tercero, ligado al anterior, la innovación exige y se apoya en un nuevo desarrollo, ya sea algún aspecto de conocimientos de base, o un nuevo proceso o un enfoque de dirección, en definitiva algún desarrollo interno

que complementa a la nueva idea inicial. Innovar hoy facilita innovar mañana.

La atención directiva de muchos primeros ejecutivos está centrada en las urgencias que depara la gestión cotidiana. La innovación queda relegada a un segundo plano, pues aún siendo considerada un tema relevante, no tiene las prioridades propias de otros aspectos más urgentes. Si los primeros responsables de la empresa fueran conscientes de que posponer hoy la innovación conlleva mermar la capacidad futura de innovar, ello debería dar más prioridades a la innovación y comportar una predisposición más favorable de los altos ejecutivos a crear las bases para hacerla posible.

Cuando un equipo de alta dirección adquiere consciencia de las transformaciones que requiere la innovación, identifica una serie de dificultades a las que deberá hacer frente. Sin ánimo de ser exhaustivos, las reflexiones suelen incluir aspectos tales como:

- La necesidad de proteger la innovación frente a amenazas que impiden desviarse de lo que venimos haciendo en el pasado, como sistemas de dirección, presupuestos, posiciones jerárquicas que se resisten a cambiar, inercias organizativas y otros condicionantes heredados.
- Para que sea creíble la innovación debe reportar resultados recurrentes. No puede

constituir una contribución fortuita y aislada. La innovación deberá convertirse en una competencia propia y bien arraigada en la organización.

- La generación de nuevas ideas requiere de una actitud en la gente (orientación al exterior, cuestionarse las cosas, ver más las posibilidades que los problemas, etc.) que en muchas ocasiones es opuesta a la que se ha venido inculcando. ¿Cómo podemos dar credibilidad y además hacer atractiva la innovación a nuestros colaboradores?
- La creatividad surgirá solo en la medida en que haya un cambio de estilo de dirección; los ejecutivos deben reconocer que en los espacios de innovación de la agenda no deben imperar las mismas reglas de juego que gobiernan la gestión cotidiana, como el control burocrático, la comunicación siguiendo la línea de mando establecida, el valor de las ideas que se corresponde necesariamente con el nivel jerárquico y otras tantas reglas que han contribuido en el pasado a la regularidad y el crecimiento sin sorpresas de las operaciones.

Ante este panorama, la respuesta más extendida suele ser encoger el brazo, mirar hacia otro lado, esperar que los resultados procedan de un avance adicional en la reducción de costes. Para el resto, aquellos directivos que están dispuestos a afrontar las dificultades que supone el desarrollo de nuevas capacidades en la empresa, es alentador saber que la innovación ha prosperado en empresas tradicionales de los más diversos sectores. La solución al puzle está basada en principios que, sin ser meramente intuitivos, sí tienen una gran coherencia interna y además están al alcance de cualquier equipo de dirección dispuesto a cambiar, si es preciso empezando por ellos mismos.

Hay dos aspectos clave de las soluciones organizativas para avanzar hacia una innovación robusta en empresas convencionales. Primero, la innovación es mucho más un reto de dirección de personas que un problema técnico o de diseño.

Desarrollar la capacidad de innovar requiere un cambio de paradigma en la forma de dirigir y en la forma de actuar de la gente. Segundo, y más importante, la innovación apunta a la cúspide; es un problema de liderazgo transformador, que no admite delegación. Avanzar hacia una cultura plenamente innovadora requiere de un cambio de habilidades y prácticas de dirección que hasta ahora no habían sido clave en posiciones de alta dirección en empresas. Sin embargo, una aproximación a la forma de hacer de los altos ejecutivos en empresas innovadoras ilustra que estos han adquirido plena consciencia de que la singularidad de sus empresas empieza por el propio cambio.

CULTURA INNOVADORA

Cuando una empresa pone en marcha el proceso de innovación, suele enfocarlo inicialmente en el área clave de resultados más crítica según la estrategia de la empresa, ya sea en producto, en aspectos de servicio u otros temas de desarrollo de negocio. En todos los casos, llevar con éxito la innovación al mercado es el resultado de conjuntar el trabajo de múltiples funciones. Es clave distribuir la responsabilidad de la innovación de forma más amplia y que esta no sea exclusiva de un número reducido de individuos o unidades especializadas.

A medida que avanza la experiencia en innovación, la dirección percibe que cualquier ámbito de actuación de la empresa puede ser revitalizado con la aplicación de nuevas ideas, y que la innovación puede servir a múltiples objetivos, más allá de la competitividad. La innovación deja de ser una responsabilidad encargada a una unidad o departamento. La visión de la inmersión en la innovación se convierte en el proyecto para hacer de la innovación una competencia amplia y esencial para la empresa. El enfoque pasa a ser una innovación amplia, que ofrezca resultados de forma regular. Esto representa un gran cambio de perspectiva. Perseguir la innovación en la gestión va mucho más allá de gestionar la innovación en un área acotada, que se buscaba

“Avanzar hacia una cultura plenamente innovadora requiere de un cambio de habilidades y prácticas de dirección que hasta ahora no habían sido clave en posiciones de alta dirección en empresas”

inicialmente. Pronto se ve la conveniencia de crear un entorno donde todo el mundo de la empresa pueda contribuir. Levantar una cultura innovadora pasa a ser uno de los puntos destacados en la agenda de los altos ejecutivos y del consejo de administración.

La noción más extendida de cultura entiende que la cultura es una recopilación de valores y creencias que la gente ha adquirido a lo largo del tiempo y que se convierten en supuestos básicos sobre el comportamiento esperado en la empresa. Edgar Schein, uno de los académicos del MIT más reconocidos por sus aportaciones en el tema, entendía cultura como un «patrón de suposiciones básicas —ya fueran descubiertas, inventadas o desarrolladas— que son aprendidas y compartidas por un grupo determinado a medida que demuestran ser válidas para hacer frente a problemas de integración interna y de adaptación al contexto externo del grupo, y por tanto son mostradas a nuevos miembros como la forma correcta de percibir, pensar y sentir en relación con estos problemas».

¿Cómo puede la dirección levantar y mantener una cultura innovadora? Si la dirección piensa que para cambiar la cultura es preciso incidir directamente en los valores y creencias que los colaboradores han aprendido y comparten,

la tarea puede resultar aparentemente difícil y compleja. Los valores y creencias forman parte de la gente, están con las personas, en su mente, y por ello son difíciles de cambiar incidiendo en ellos de forma directa. Sin embargo, los altos directivos, con su práctica diaria y su ejemplo, es decir, con su comportamiento, en la forma en que ejercen su responsabilidad y desarrollan sus relaciones tanto formales como informales con los que los rodean, están mostrando continuamente lo que valoran y esperan de sus colaboradores. Los valores y creencias que forman la cultura de la empresa son en gran parte resultado de una acumulación en el tiempo de experiencias fruto de una determinada forma de funcionar de la dirección¹. Ello sugiere que existe una vía mucho más fácil de lograr el cambio. La dirección puede promover una cultura favorable a la innovación cambiando la forma de dirigir y desarrollar a sus colaboradores. Esencialmente esto significa que los avances organizativos (la forma de definir responsabilidades directivas, los distintos sistemas de dirección, y la forma de integrar y coordinar la actuación directiva, etc.) reconozcan las aportaciones de la gente a la creatividad y la innovación. Clayton Christensen (1999), profesor de innovación de Harvard, llega a una conclusión similar cuando afirma «La cultura está comprendida por procedimientos, o formas de trabajar conjuntamente, y criterios compartidos para tomar decisiones, utilizados con éxito de forma repetida a lo largo del tiempo, que han sido adoptados como supuestos básicos».

Esto pone a la luz una de las carencias más graves de muchas empresas, la habilidad para introducir cambios organizativos que favorezcan el logro de propósitos concretos, pero a su vez nos abre nuevas posibilidades. Implantar sistemas de gestión específicos para el fomento de la innovación es una vía mucho más sólida y segura que pretender cambiar el chip mental de la gente. Para levantar una cultura que favorezca la innovación la mejor vía no es reemplazar a los directivos que se opongan al cambio, ni esperar a disponer de una nueva generación de directivos

¹ El enfoque de la cultura como el resultado de la sedimentación de prácticas de dirección acumuladas en el tiempo fue proporcionado por Esteban Masifern, profesor de IESE Business School a finales de los años ochenta. Las conversaciones con Carlos Cavallé, también profesor del IESE, en 2007, fueron determinantes para apreciar la importancia de los atributos del comportamiento de primeros ejecutivos, más allá de los meros rasgos de su carácter personal.

con talento y valores más proclives a los que se persiguen. Es urgente que las empresas adquieran consciencia de que la forma más efectiva de implantar la cultura que persigan es introducir cambios en las formas de ejercer la dirección, tomando como referencia clave el objetivo que se persigue.

La vía más segura para levantar una cultura innovadora es poner en marcha prácticas de dirección (involucrando de forma progresiva a todos los niveles y con diversos medios) que favorezcan el comportamiento innovador, emprendedor y creativo que se persigue. Cambiando la forma en que dirigimos (en todos y cada uno de sus aspectos: la forma en que fijamos objetivos, planificamos, asignamos recursos, evaluamos a los colaboradores, recompensamos, fijamos niveles de responsabilidad y damos autonomía, gestionamos la información, etc.) estamos conformando la cultura, ya sea de manera consciente o, más a menudo, inconsciente. De nuevo, la tarea apunta a las esferas más altas en nuestras organizaciones.

El objetivo de este capítulo es mostrar buenas prácticas de empresas altamente innovadoras que puedan servir como referentes a nuestras empresas. Nos centraremos en aspectos que apuntan directamente a distintos aspectos del papel de la alta dirección y la forma de ejercer el liderazgo, con el pleno convencimiento de que este es el factor propulsor clave de la capacidad de innovar de muchas empresas. La traducción a implicaciones para la dirección de la innovación en cada empresa particular no es directa, pero los aprendizajes que se derivan darán luces sobre cómo hacer más coherente y predecible la actuación de altos ejecutivos ante sus colaboradores en el afán de avanzar hacia una cultura innovadora².

La primera reacción que suscita la exposición a buenas prácticas de empresas altamente innovadoras es subrayar lo que tiene de singular nuestra empresa en concreto. «Sí, está bien, pero nuestra empresa es diferente». Los altos directivos tienen tendencia a calificar como de

dudosa aplicación a su propio contexto las prácticas de dirección que observamos en las empresas más innovadoras. Sin poner en duda que algunas de estas prácticas son aplicables solo en estadios avanzados de cultura innovadora, las reglas de juego que facilitan la movilización de las personas a la innovación son de carácter muy general. Tushman y O'Reilly (2002) después de analizar las palancas de dirección usadas en empresas innovadoras en relación con otras menos innovadoras, todas las empresas innovadoras compartían una serie de principios de dirección comunes independientemente del ámbito geográfico y sector económico del que procediera la empresa. La conclusión es que, si bien la implantación de una forma de dirigir debe hacerse a la medida de la singularidad de cada empresa, los principios que rigen el avance hacia la innovación son de carácter universal.

Otra cuestión que los equipos de dirección afrontan es cuál debe ser la aproximación más adecuada. La cultura innovadora de las empresas excelentes en innovación es como un holograma. Uno puede adoptar distintas aproximaciones al fenómeno y tiene la sensación de que efectivamente cada una de ellas apunta a la misma realidad. Es relativamente fácil detectar si una empresa es innovadora cuando uno puede observar aspectos distintos de la cultura que predomina. La implicación es que si bien las empresas aquí referenciadas usan distintos enfoques y mecanismos de dirección para promover la innovación, el patrón de criterios y lógica de dirección que los sustenta tienen mucho en común. Es en la coherencia del conjunto de reglas de juego que conforman una cultura innovadora (valores, principios y prácticas) donde pensamos que está la solidez del carácter innovador de esas empresas. Como hemos comentado, no es el objetivo de este trabajo discutir en sí mismos los distintos enfoques y mecanismos que permitan a una empresa avanzar hacia una cultura innovadora, sino centrarnos en buenas prácticas de los altos ejecutivos en empresas altamente innovadoras.

² En otra publicación, este mismo autor describe y discute distintos enfoques de dirección para ir avanzando hacia la cultura innovadora (Vilà, 2008).

“El efecto en la cultura es mayor en aquellas situaciones donde los colaboradores entienden que un enfoque innovador puede aportar más”

COMPORTAMIENTO DE LOS ALTOS EJECUTIVOS EN INNOVACIÓN

Los altos directivos, en su comportamiento frente a sus colaboradores, dan muestras claras de sus preferencias personales. La actuación del equipo de dirección en su interacción con el resto de la organización conforma los valores y expectativas de sus colaboradores en relación con el comportamiento esperado en innovación. Este desempeño es analizado de forma estricta, a la vista del contexto de actuación de la alta dirección. El efecto en la cultura es mayor en aquellas situaciones donde los colaboradores entienden que un enfoque innovador puede aportar más (como es en la búsqueda de soluciones a problemas importantes, la definición de enfoques de desarrollo del negocio, en las valoraciones dentro de la asignación de fondos estratégicos, en dar respuesta a oportunidades imprevistas, en idear un nuevo enfoque estratégico ante cambios importantes del entorno, etc.). En los casos en que el contexto exige que la ejecución de la dirección responda más a principios propios de la operativa diaria, los colaboradores deben entender que no corresponde hacer inferencias en relación con preferencias de la dirección en temas de innovación.

El comportamiento de los altos ejecutivos en la forma de ejercer el liderazgo es un factor propulsor clave de la capacidad de innovar (Deschamps, 2008)³. Los rasgos más característicos de un comportamiento favorable personal, como individuos, de los principales directivos a

la innovación se pueden abordar desde distintas ópticas. En enfoque escogido aquí es ver qué los impulsa en sus esfuerzos de liderar la transformación de sus empresas, cómo dirigen el avance y cómo afrontan las adversidades que van surgiendo en la transformación hacia la innovación. No se tratan aquí aspectos de carácter más colectivo, que también son fundamentales a la hora de levantar y mantener una cultura innovadora, pero que requieren de un tratamiento más extenso por sí mismos. Son aspectos de acción conjunta del equipo de dirección, por ejemplo, la creación de un entorno favorable (levantar una organización para innovar que sea compatible con la organización de las actividades cotidianas), y el diseño e implantación de un proceso de alta dirección que genere iniciativas de innovación empresarial, con un enfoque amplio, de impacto en cualquier ámbito de gestión. Estos son tres pilares clave de la actuación de los primeros ejecutivos, pieza angular clave del proceso de institucionalización de los valores, principios y prácticas que determinarán la calidad y capacidad de innovación de la empresa.

Les impulsa perseguir un reto, un ideal o un sueño que tiene sentido ante quienes deben hacerlo posible

Los primeros ejecutivos actúan como líderes que buscan tener impacto con iniciativas muy ambiciosas que aporten contribuciones singulares. El mismo día en que Steve Jobs anunciaba los detalles del iPad, el cofundador de Apple, Steve Wozniak, se dirigía a un grupo más pequeño y menos formal en el Auditorio Laxson, en Chino, California. El brillante ingeniero habló de la década de los años setenta y principios de los ochenta, cuando encarnaron una nueva forma de pensar, lejos del mundo de los *mainframes* y minicomputadoras, cuando él y Jobs ayudaron a crear la industria de los ordenadores personales. «Yo estaba entusiasmado por la idea de que unos individuos insignificantes fuéramos a crear más valor que las grandes corporaciones», recordaba Wozniak. «Mi amigo, Steve Jobs

³ Jean-Philippe Deschamps (2008) ha sido una valiosa fuente de inspiración a la hora de apreciar distintos aspectos de la aportación de los altos directivos en innovación.

siempre estuvo interesado en hacer cosas que cambiarían el mundo. Actuaba como esos tipos que hacen avanzar el mundo»⁴.

Los primeros ejecutivos tienen una clara orientación a superar retos, que además tienen un claro sentido para los colaboradores. Un reto supone un objetivo tangible que concentra la atención de todos y, en muchas ocasiones ello supone un propulsor más efectivo para la innovación que motivadores extrínsecos como una remuneración variable (véase la cita del cuadro 1 sobre Ratan Tata). Son destacables las manifestaciones de incomodidad que sentían Akio Morita y Masaru Ibuka, fundadores de Sony, cuando mostraban su inquietud por no tener un reto suficientemente fuerte para sus ingenieros de desarrollo de producto. En 1952, Ibuka manifestaba: «¿Será un nuevo grabadora un reto suficiente para ellos, que les motive a usar todas sus habilidades, a hacer lo mejor de sí mismos?» Este ahínco fue el precursor de lanzamientos que siguieron como el televisor Trinitron, el Walkman y otros muchos.

Los primeros ejecutivos al frente de empresas innovadoras son capaces de aglutinar los esfuerzos de la organización alrededor de ideales que comportan una contribución social y que, a su

vez, animan a la gente a aportar. Franck Riboud, presidente y director ejecutivo de Danone desde 1992, resume la ambición más amplia de su empresa como el deseo de «llevar la salud a través de alimentos y bebidas al mayor número de personas posible». Estos ejecutivos sienten una gran pasión por la misión que da sentido a la empresa y a la innovación (véase la cita del cuadro 2 sobre John Mackey de Whole Foods Market). Su claridad de propósito y energía contagia entusiasmo. El ideal que persiguen representa una gran fuerza interior que actúa como factor propulsor. El impulso inicial es fundamental. Se sienten atraídos por la posibilidad de hacer algo único. El análisis de las limitaciones, siendo importante, es relegado a un segundo orden, y es siempre posterior.

En ocasiones el objetivo que aglutina los esfuerzos colectivos de los colaboradores no es un sueño ni una misión con una estricta contribución social. Se trata más bien de una estrategia ambiciosa, que los primeros ejecutivos se cuidan de ir renovando con el tiempo. Este es el caso muy común entre empresas establecidas con larga tradición en innovación, como ilustran ejemplos basados en 3M, General Electric o Procter & Gamble. En todos los casos es clave que el objetivo sea compartido para que aglutine

Cuadro 1. El impulso de perseguir un sueño

Ratan Tata empezó con un sueño. Su sueño era proporcionar a todos los ciudadanos de la India un medio asequible y seguro de transporte familiar. ¿Qué sería asequible para una familia de clase media india? En ese momento (2007), Maruti Udyog era el coche más barato, con un coste de 7.000 dólares USA. Ratan Tata consideró que un coche con un coste de hasta 1 lac (equivalente a 100.000 rupias, unos 2.500 dólares USA) sería asequible. Así que propuso este objetivo a sus ingenieros de Tata Motors. «Un proyecto ideal para un hombre que tiene un récord impecable de lograr lo que sueña, y el nombre del coche es Nano», afirmó el señor Sunil Sinha, director ejecutivo de los Servicios de Gestión de Calidad de Tata Group.

Nunca fue la intención de que fuera un coche de 1 lac (2.500 dólares). Pasó por las circunstancias del momento. Ratan Tata fue entrevistado por *Financial Times* en el Salón del Automóvil de Ginebra: «Hablé acerca de este producto futuro como un automóvil de bajo coste. Me preguntaron cuánto podría costar y dije alrededor de 1 lac. Al día siguiente, el *Financial Times* abrió con un titular en el sentido de que Tata iba a producir un coche de 100.000 rupias (unos 2.500 dólares USA). Mi primera reacción fue hacer un desmentido, para aclarar que eso no era exactamente lo que había dicho. Entonces pensé, había dicho que sería alrededor de esa cifra, así que ¿por qué no acabamos de tomar esto como un objetivo? Cuando regresé, nuestra gente estaba horrorizada, pero teníamos nuestra meta». Ratan Tata tenía la opción de llamar a los periódicos y corregir el error. En lugar de eso lo tomó como un reto para sí mismo y sus ingenieros.

Fuente: «The making of the Nano, Christabelle Noronha. Enero 2008. Tata Leadership with Trust». Contribución de Preeti Sharma, Gemba-2010. <http://www.tata.com/media/interviews/inside.aspx?artid=Sd75BUBmzSM>.

⁴ Fuente: <http://www.successmagazine.com/steve-jobs-master-of-innovation/PARAMS/article/1054/channel/22>

Cuadro 2. Una misión que guía la innovación

John Mackey, consejero delegado de Whole Foods Market, cofundador en 1978, ha empujado a la compañía a un crecimiento y éxito excepcional (con una tasa anual de crecimiento del 17% en ventas y del 14% en beneficios durante el periodo 2001-2010). En una conversación que tuvo en abril de 2010 en la Darden School of Business con el profesor R. Edward Freeman, Mackey reflexionaba acerca de un renovado sentido del propósito para él y Whole Foods: «Después de una gran introspección en algunas de mis pasiones más profundas acerca del propósito y significado de mi propia vida, hace unos dieciocho meses llegué a la conclusión de que seguir ayudando a dirigir y evolucionar Whole Foods Market es exactamente lo que más deseo hacer, y he reiterado mi compromiso con la empresa a largo plazo.

Me entusiasma especialmente la posibilidad de mejorar las vidas de millones de personas a través de una mejor educación sobre los principios de una alimentación muy sana, y estoy ayudando a liderar estos esfuerzos de rápida evolución dentro de Whole Foods Market. Tenemos una gran variedad de emocionantes iniciativas sobre comida sana y bienestar en fase de desarrollo que sinceramente pienso que van a ayudar a la gente a disfrutar de una vida más saludable y vital, y espero poder compartirlas con todo el mundo durante los próximos años».

Fuente: «The CEO's Blog, Darden School of Business Conversation», John Mackey, julio 26, 2010 • Contribución de Dana Page, Gemba-2010. <http://www2.wholefoodsmarket.com/blogs/jmackey/>

los esfuerzos colectivos y, para ello, debe ser «tangible», en el sentido de que tenga un grado suficiente de concreción, y sea atractivo para quienes lo van a hacer posible.

Cómo dirigen el avance hacia el ideal

El estilo de dirección del equipo de alta dirección es un factor fundamental a la hora de entender la capacidad de innovación de una empresa. La alta dirección en empresas altamente innovadoras comparte valores que favorecen la experimentación y el aprendizaje. La historia de Apple, una de las empresas más innovadoras de hoy, no está exenta de intentos fallidos, como puede ser el pionero ordenador PDA Newton o, con menos grado de acuerdo, Apple TV o Apple Pippin. Sin embargo, Apple ha incorporado los aprendizajes extraídos de sus errores en los desarrollos posteriores. Así, el teléfono móvil desarrollado con Motora, E790 iTunes, o el ordenador Lisa pueden calificarse como proyectos fallidos, pero aportaron distintas características que fueron introducidas con éxito en el revolucionario iPhone. Jesús Vega, anterior responsable de la dirección de personas en Zara-Inditex decía «Lo importante no es no cometer errores, sino no permanecer en el error».

Los primeros ejecutivos muestran una voluntad clara de explorar nuevas formas de actuar,

aun en ausencia de problemas apremiantes, aceptando formas de pensamiento y soluciones no convencionales (véase la cita del cuadro 3 sobre James Dyson, fundador de Dyson). Los directivos de Ikea animan a los empleados a buscar nuevas y mejores formas de hacer las cosas en todos los aspectos de su trabajo. Ikea promueve el cambio y la mejora continua, aun cuando la empresa es el líder mundial indiscutible en la distribución de mobiliario. La gente en el grupo Ikea se siente a menudo tan estimulada por encontrar nuevas formas para alcanzar los objetivos, como por los logros en sí mismos. Ellos se inspiran en el descubrimiento y están constantemente en el camino para el desafío siguiente. En un contexto distinto, Guy Laliberté, fundador y CEO de Cirque du Soleil no se conforma con los éxitos del pasado: «Un día típico para mí en las oficinas de Cirque empieza preguntándome: ¿Qué es lo imposible que haré hoy?».

Esta buena predisposición a explorar aun con vías de riesgo, debe ir acompañada de un ingrediente fundamental que aparece en toda cultura innovadora: la aceptación de un cierto grado de incertidumbre y, como consecuencia, la tolerancia del error bien intencionado. «Los errores seguirán ocurriendo, pero si una persona es correcta en esencia, los errores que cometa no tendrán un impacto tan grave a largo plazo como

los errores de una dirección dictatorial, que diga a aquellos bajo su autoridad exactamente cómo deben hacer su trabajo. Si los directivos hacen una crítica destructiva cuando la gente se equivoca, están matando la iniciativa... y es fundamental que mucha de nuestra gente mantenga la iniciativa si aspiramos a seguir creciendo», era una manifestación reflejo del avanzado estilo de dirección de William L. McKnight, consejero delegado de 3M, entre 1929 y 1949, y presidente del consejo de administración entre 1949 y 1966.

Las empresas altamente innovadoras aceptan de buen grado que la información relevante, las buenas ideas e iniciativas no tengan por qué ser exclusivamente de procedencia interna de la empresa. La apertura al exterior puede formar parte de procedimientos formales, como el programa «Connect & Develop» de Procter & Gamble, el proceso de desarrollo «Deep Dive» de Ideo, el enfoque basado en alianzas estratégicas de empresas como Amazon, Nike o Federal Express, o puede proceder de iniciativas de los propios empleados animadas por la dirección, como la participación en foros y redes de conexión social que siguen los empleados de Sun Microsystems, o la captación de ideas de agentes externos como clientes, común entre muchas empresas. Los altos ejecutivos fomentan entre sus colaboradores no solo una apertura al exterior sino también el desarrollar la habilidad

de mantener una observación activa y llegar a identificar oportunidades de negocio entre las señales débiles del entorno, como se hace dentro del proceso de evaluación de oportunidades del programa de Imagination Breakthrough, orientado a generar propuestas de negocios de alto crecimiento, que desde septiembre de 2003 lidera Jeffrey Immelt, CEO de General Electric.

El avance hacia el propósito ambicioso y retador debe hacerse necesariamente adoptando una postura flexible. La dirección en empresas innovadoras muestra una mente abierta y está dispuesta a buscar, de forma proactiva y con humildad, distintas alternativas de avance. La dirección de Starbucks plantea a sus colaboradores: «Cuando estéis frente a una queja de un cliente, es preciso que reconozcáis que estáis ante una oportunidad de estrechar esa relación». Cuando los empleados ven que la dirección se preocupa de forma sana del *feedback*, tanto positivo como negativo, es más fácil que ellos mismo lo aprecien como valioso.

Una valoración que se hace para aprender a fomentar la innovación, fortalece la capacidad de lograr el objetivo perseguido (Senge, 1998). En Pixar Animation, directivos como Brad Bird, que cuenta con renombrados éxitos a sus espaldas como *Los Increíbles*, *Cars* o *Ratatouille*, tratan a sus colaboradores como iguales. En las reuniones de equipo los miembros reciben

Cuadro 3. Animar a no contentarse con la primera solución fácil

James Dyson, fundó la empresa Dyson Ltd. en Reino Unido, basada en una aspiradora que utiliza la fuerza centrífuga para separar la suciedad del aire, que él había inventado en 1979. Alejado progresivamente de la gestión diaria del negocio, Dyson ha pasado la última década tratando de crear el ambiente perfecto para la innovación. Está decidido a no ser el propietario desvinculado del personal. «Una de las cosas más importantes es que paso mucho tiempo, no en mi oficina de vidrio en Wiltshire, sino entre el personal creativo, no sólo los ingenieros, asegurándome de que están haciendo cosas creativas. No quiero decir que voy por ahí haciendo de policía, sino más bien alentando a favor de la creatividad».

Elogiando, animando a los trabajadores para que tomen el camino difícil en lugar del obvio y tomando un papel activo él mismo son los pilares sobre los que Dyson ha construido la empresa. «De lo que estoy hablando es que las personas tengan el coraje de correr riesgos, cometer un error y ser ridiculizados. Ellos no deben tener miedo de hacer algo que no sea “normal” o “sensato”, ni de estar preocupados de que vaya por detrás de ellos y les susurre a la oreja “no seas tan sumamente estúpido”», afirma.

Fuente: James Dyson, Ian Wallis, «Growing Business Online». 1/4/2004. Contribución de Federico Ciardelli, Gemba-2009. <http://www.growingbusiness.co.uk/06959143454587923447/james-dyson.html>

“Las empresas altamente innovadoras aceptan de buen grado que la información relevante, las buenas ideas e iniciativas no tengan por qué ser exclusivamente de procedencia interna de la empresa”

comentarios de su trabajo, buenos o malos, delante de todo el grupo. Se anima a todo el equipo a participar y a dar su opinión sobre el trabajo de los demás. Esta práctica incorporada por Bird en Pixar ha elevado el listón en términos de calidad del trabajo realizado (véase la cita del cuadro 4 sobre Brad Bird, director de Pixar).

Estos valores, principios y prácticas que usan altos ejecutivos en su comportamiento en innovación no son exclusivos de un ámbito sectorial ni geografía concretos: tienen validez en grandes grupos con un origen tecnológico, como en GE, con el impulso de Jeffrey Immelt; en empresas

sujetas a cambios continuos, como la moda, como se da en Inditex, propietaria de la cadena Zara, donde ha tenido un papel clave Amancio Ortega, su fundador, pero también en sectores tradicionales como la cementera mejicana Cemex o empresas mucho más pequeñas. En Metalquimia, empresa familiar de segunda generación dedicada a fabricación de bienes de equipo para la transformación de productos cárnicos, Josep Lagares, director general, impulsa con sólido compromiso personal las principales iniciativas para fortalecer la capacidad innovadora de la empresa. Lidera los comités de innovación de producto y de proceso de Metalquimia, todo el personal ha recibido formación en técnicas creativas, ha implantado una plataforma informática de gestión de la creatividad y la innovación que anima a todos a contribuir, «un paso más en mi objetivo de socializar la creatividad». En abril de 2010, Metalquimia ha introducido Quick-Dry-Slice, una tecnología revolucionaria para el curado y secado acelerado de productos cárnicos en lonchas que reforzará la ya sólida posición de la empresa en un mercado global⁵. El director general es el principal catalizador del proceso de democratización de la innovación en la empresa.

Cómo afrontan las adversidades

Como toda transformación del orden establecido, la innovación requiere confrontar sucesos

Cuadro 4. Valor basado en la competencia, no en la posición jerárquica

Brad Bird, director de Pixar, en una ocasión en que un equipo estaba reunido para comentar el trabajo y construir sobre las ideas y opiniones. «Desde el inicio los empujé. Empezaba dando mi opinión sobre el trabajo de cada persona ante los demás. No decían nada. Un día lo hice y uno de los chicos suspiró. Le dije: “¿Qué ha sido eso?” Y él dijo: “Nada hombre, está bien”. Y yo dije: “No, has suspirado. Es evidente que no estás de acuerdo con algo que he hecho. Dime lo que estás pensando. Puedo estar equivocado. Puede que tú estés en lo cierto. Muéstranoslo”. Entonces se acercó y le entregué el borrador de pizarra. Borró lo que yo había hecho. Después esbozó algo diferente y explicó por qué pensaba que debería ser así. Le dije: “Eso es mejor que lo que yo hice. ¡Fantástico!”. Todos vieron que su cabeza no rodó. Nuestra curva de aprendizaje dio un gran salto. Al final de la película, el equipo de animación era mucho más fuerte que al principio; todos habían aprendido de los puntos fuertes de los demás. Aun así tuvieron que pasar dos meses para que la gente se sintiera lo suficientemente segura como para hablar abiertamente.»

Fuente: «Innovation lessons from Pixar: An interview with Oscar-winning director Brad Bird, McKinsey Quarterly», abril 2008. Contribución de Edinardo Figueiredo, Gamba-2010. http://www.mckinseyquarterly.com/innovation_lessons_from_pixar_an_interview_with_oscar-winning_director_brad_bird_2127

⁵ <http://www.metalquimia.com/productes.php?idm=3&subpagina=20>

imprevistos. La reacción de los primeros ejecutivos ante las adversidades que la empresa debe afrontar en su avance hacia el objetivo perseguido es un claro referente para los colaboradores a la hora de conocer los valores y preferencias de la alta dirección y, como tal, incide de forma importante en la cultura innovadora de la empresa.

Los altos ejecutivos son persistentes y muestran su apoyo a una iniciativa a pesar de primeros resultados desalentadores, como Akiro Morita y Masaru Ibuka cuyos contables les advertían que dedicaban demasiados recursos a nuevos desarrollos, incluso poniendo en riesgo la viabilidad económica de Sony en sus primeros años. «Sean un poco más pacientes y haremos una fortuna», era la respuesta que recibían de los primeros ejecutivos. O la perseverancia de Carlos Sumarroca, que no cedió ante las sugerencias reiteradas de abandono durante casi dos años de un equipo científico-técnico, y que ha permitido a Agromillora Catalana ser hoy líder mundial en la producción de árboles.

En empresas altamente innovadoras no existe la expresión «no es posible». Ante la recurrencia de resultados fallidos, esa expresión se reemplaza por «no lo sabemos hacer». Detrás de algunas soluciones que hoy forman parte del modelo de negocio de Ikea está la persistencia en resolver problemas que podrían haber terminado con la empresa. Fueron su obstinación en mantener los costes bajos y la búsqueda de una solución original a una huelga de transportes lo que les hizo llegar a la idea rompedora de la participación activa de los clientes en la recogida y montaje de los muebles de decoración en su propia casa.

La innovación requiere persistencia. «Si al principio no lo conseguimos, debemos intentarlo una y otra vez». «Nunca digas nunca» es el lema de Ikea, que describe su obstinación positiva, la perseverancia y determinación para alcanzar metas y no darse por vencidos. Esta persistencia no está exenta de límites y principios que la equilibran y la hacen viable en el negocio (Ingvar Kamprad, fundador de Ikea, en su *Testamento de*

un comerciante de muebles). Esta fuerza de voluntad se considera más eficaz a nivel de equipo, lo que implica una confianza mutua y un acuerdo conjunto previo a la acción coordinada y decidida.

En Amazon, la dirección anima a los colaboradores que están en espacios de innovación a perseguir ideas y conceptos aunque no aporten resultados a corto plazo. «Debes estar dispuesto a moverte en la ambigüedad durante largos periodos de tiempo. Esta es una de las razones por las que es difícil que se dé la innovación en muchas grandes organizaciones». Comentando la necesidad de pensar a largo plazo, Jeff Bezos, fundador y CEO de Amazon, decía con convicción: «Si adoptas un enfoque a corto plazo, estás condenado a centrar tu atención en los detalles. Enfocarse como “zapatero a tus zapatos” porque no eres capaz de explorar alternativas es lamentable».

En las empresas altamente innovadoras, los primeros ejecutivos no solo tienen una gran confianza en sí mismos, también dan muestras claras de confiar en el trabajo de los emprendedores. En 3M el fomento del espíritu empresarial está apoyado por el principio fundamental de libertad en el lugar de trabajo para perseguir ideas rompedoras. La comunidad de investigadores de 3M puede destinar hasta un 15% de su tiempo a proyectos de su propia elección, sin interferencia de la dirección. Fue en este contexto en el que Art Fry, un científico de 3M, haciendo uso de este principio, desarrolló el famoso Post-it en 1973.

Los ejecutivos al frente de empresas innovadoras están dispuestos a salir de su área de confort para hacer posible la innovación. Una evidencia clara de que confían en la innovación y se comprometen a hacerla posible es que los altos directivos están abiertos a considerar iniciativas que pueden comportar cambios que les afectan personalmente, que inciden en su propia calidad de vida en la empresa. No se protegen detrás de una coraza en aras de una autoridad posicional. Ellos son uno más. Todos se someten

Cuadro 5. Los altos ejecutivos están dispuestos a cambiar, ellos mismos y los procesos

La innovación debe estar en la base de todo lo que hacemos, no solo en la formulación de productos, sino en todo lo que llega a los consumidores. Es el concepto de innovar en todos los frentes que afectan a la vida de los consumidores. Procter & Gamble ha pasado de una definición de innovación centrada en el producto, que probablemente era un poco estrecha, a un concepto de innovación mucho más amplio.

La innovación es cada vez más exigente y su ritmo cada vez más rápido. Nunca tendremos suficientes recursos ni suficientes ideas internas como para hacerle frente de forma rápida y amplia. P&G se ha fijado un objetivo ambicioso: conseguir que alrededor de la mitad de las ideas procedan del exterior. Una vez has tomado esa decisión, tienes que cambiar tu forma de trabajar y hacer esas conexiones. Las personas deben querer venir a ti con una idea, tienen que creer que les vas a escuchar y les darás una oportunidad. Tienen que creer que tú estás dispuesto a cambiar algunos de tus procesos para dar cabida a nuevas ideas”.

Gianni Ciserani, vicepresidente y director general de Procter & Gamble en Reino Unido e Irlanda

Fuente: Brand Strategy, Publicado (1 Noviembre 2005) Learning to listen to new ideas, Interview to Gianni Ciserani. Contribución de Andrey Lankovich, Gemba-2008 y Manuel Lapeira Gemba-M-2010. <http://www.mad.co.uk/Main/News/Disciplines/Marketing/Articles/5f42852a91a6407db37cf0114d285395/Gianni-Ciserani-the-Italian-job.html>

a las mismas reglas. Cuando Sony decide que debe estar presente y conocer de primera mano las peculiaridades del mercado más avanzado de electrónica de consumo, en julio de 1963, Akio Morita se traslada a vivir a Nueva York con su familia. Una muestra clara de compromiso personal.

Cuando los principales responsables de las empresas altamente innovadoras son el ejemplo más palpable de compromiso personal, se dan las circunstancias precisas para un cambio de los valores y creencias de los colaboradores a favor de la innovación. Los primeros ejecutivos encaran la adversidad con coraje y valentía, como claro reflejo de una gran confianza en sí mismos. Su compromiso los lleva a una participación activa en órganos de gobierno y dirección de la innovación, Su participación activa y disciplina en la forma de liderar el proceso se interpreta como una muestra de la seriedad de su propósito. El compromiso tangible de los principales líderes, como no podía ser otra cosa, acaba siendo una condición necesaria tanto en la fase de transición como en la de consolidación firme de una cultura innovadora.

Jeffrey Immelt, consejero delegado de GE, fomenta el compromiso de GE con la innovación, liderando con el ejemplo. Mientras las circunstancias actuales están redefiniendo el

mundo, Immelt, dijo que su papel era el de convertir el miedo en confianza⁶. En un discurso en Dartmouth College ofrecía un manual de liderazgo para los tiempos difíciles presentes: «Los buenos líderes», dijo, «son muy curiosos, y pasan mucho tiempo tratando de aprender cosas nuevas». Immelt trata de reservar un 20% de su tiempo para pensar y reconceptualizar. También dijo que «todos los líderes de innovación en GE se reunirán con él al menos una vez, y que una gran parte de su trabajo es crear las condiciones para recoger la siguiente mejor idea». Sin embargo, al igual que su predecesor, Jack Welch, conocido por profundizar en los detalles, Immelt dijo que estaba involucrado en cuarenta proyectos de GE que representaban «saltos rupturistas de imaginación». Él mismo ha desarrollado sus propias directrices para evaluar nuevas oportunidades y progresos⁷. Los buenos líderes dirigen estableciendo límites con libertad en el medio. «Los límites son el compromiso, la pasión, la confianza y el trabajo en equipo. Dentro de estas directrices, hay mucha libertad. Pero nadie puede cruzar los cuatro límites».

John A. Byrne, redactor jefe de *Fast Company* en una conversación con Immelt, en la sala de conferencias en la sede de GE en Fairfield, Connecticut, le preguntaba: «¿Qué ha aprendido hasta ahora en el puesto de consejero delegado

⁶ Fuente: <http://ge.ecomagination.com/> y <http://www.fastcompany.com/blog/lewis-perkins/semantics-sustainability/sustainable-strategy-goes-mainstream>, consultado en julio de 2010

⁷ Fuente: <http://www.fastcompany.com/magazine/84/pr.html>, consultado en julio de 2010

de GE?». Immelt respondió: «Una de las cosas que Welch me dijo desde el principio, que creo que es del todo acertada, es: Es un maratón. No es una carrera de velocidad. Todos estos libros sobre los primeros noventa días son una especie de basura en muchos sentidos. Tienes que tener un plan. Tienes que mantenerte firme a él. Tienes que modificar, a veces, pero cada día hay que levantarse y jugar duro. Jack solía verme corriendo, aun después de irse, y me decía: “Recuerda, es un maratón. Diez años. Quince años. Hay que levantarse cada día con una nueva idea, un nuevo paso de vuelta, y tienes que hacerlo así todos los días”. Siempre intuí lo que decía, pero hasta que estás metido de lleno en ello, nunca lo vives. Su consejo era correcto. Es la capacidad sostenida de cambiar lo que realmente cuenta».

A MODO DE CONCLUSIÓN

La innovación requiere introducir cambios en la forma de funcionar para transformar nuevas ideas en resultados. Estos cambios deben ir apoyados por un colectivo amplio de colaboradores en la empresa. Además, la innovación hoy no está restringida al ámbito tecnológico o al lanzamiento de nuevos productos, por lo que el desarrollo de un apoyo amplio a la innovación pasa a ser una prioridad de alta dirección. Sin embargo, el cambio de unos valores y creencias a favor de la innovación de entrada parece una tarea ardua.

La cultura de empresas altamente innovadoras sugiere que el principal motor del cambio de mentalidades va asociado a la forma de dirigir y una pieza clave es la actuación de los principales responsables de la empresa. El comportamiento de los altos ejecutivos en situaciones propias de innovación, ya sea consciente o inconsciente, incide de forma directa, la percepción de los colaboradores de los valores y creencias que se esperan de ellos, y de esta forma conforma el grado en que la cultura es más o menos favorable a la innovación. La tarea de movilizar a los colaboradores en favor

de la innovación empieza por un cambio en la actuación que apunta a las esferas más altas en nuestras organizaciones.

Un estudio basado en el papel de los altos directivos en empresas altamente innovadoras sugiere que la incidencia en la cultura innovadora sigue dos vías fundamentales de naturaleza distinta (Vilá, 2008). La primera y más obvia es una cultura innovadora muy determinada por la personalidad de un fundador (o equipo reducido de fundadores) con un alto espíritu emprendedor. Los valores y creencias de empresas como Apple o Ikea van íntimamente ligadas a las actuaciones y características de sus respectivos equipos. No se puede entender la innovación de partida en Apple sin Steve Jobs, ni en Ikea sin Ingvar Kamprad, ni en Sony sin Akio Morita y Masaru Ibuka. La segunda forma es una cultura que trasciende la figura del fundador y perdura en el tiempo. Se puede decir que los valores han entrado a formar parte de los genes de la empresa, se han institucionalizado. ¿Alguien sabe quiénes son los fundadores de empresas como 3M o Danone? En muchos casos resulta difícil reconocer quiénes son actualmente los primeros ejecutivos al frente de empresas que en sus primeros años adquirieron una gran resonancia como innovadoras. Una responsabilidad clave de todo equipo de alta dirección pasa a ser la revitalización de las bases que conforma la cultura. Pensamos que la actuación de los primeros ejecutivos (sus valores, principios y prácticas) a la hora de definir objetivos ambiciosos, de dirigir los avances hacia estos objetivos y de afrontar las adversidades que van surgiendo en el progreso hacia la innovación son ingredientes fundamentales que hacen que la cultura se renueve o bien decaiga con el paso del tiempo.

Estamos reclamando que los altos ejecutivos de una empresa adquieran consciencia de una responsabilidad fundamental en un proceso tan crítico como el avance de la innovación. La percepción de los colaboradores no admite que haya delegación de atribuciones sobre esta responsabilidad.

AGRADECIMIENTOS

A Esteban Masifern, Carlos Cavallé y José Antonio Muñoz-Nájar por las sugerencias sobre aspectos concretos que han influido de forma importante en la orientación de este capítulo.

A Dana Page y su equipo del Gemba-2010 del IESE por sus aportaciones sobre Whole Foods Market.

A Edinardo Figueiredo y su equipo del Gemba-2010 por sus aportaciones sobre Pixar.

A Preeti Sharma y su equipo del Gemba-2010 por sus aportaciones sobre Tata Group.

A Joost de Kinderen y su equipo del Gemba-2010 y Ariel Kestens y su equipo del Gemba-2009 por sus aportaciones sobre Ikea.

A Federico Ciardelli y su equipo del Gemba-2009 por sus aportaciones sobre Dyson.

A Andrey Lankovich y su equipo del Gemba-2008 y Manuel Lapeira y su equipo del Gemba-M-2010 por sus aportaciones sobre Procter & Gamble.

REFERENCIAS

- CHRISTENSEN, C. M. (1999), *What Is an Organization's Culture?*, Boston, MA: Harvard Business School Publishing, nota 9-399-104.
- DESCHAMPS, J.-P. (2008), *Innovation Leaders: how Senior Executive Stimulate Steer and Sustain Innovation*, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons Ltd.
- SCHEIN, E. (1988), *Organizational Culture and Leadership*, San Francisco: Jossey-Bass Publishers.
- SENGE, P. M. (1998), «The Practice of Innovation», *Leader to Leader Journal* 9, verano, pp.16-22. También en *Society for Organizational Learning*.
- TUSHMAN, M. L., y C. A. O'REILLY III (2002), *Winning Through Innovation: A Practical Guide to Leading Organizational Change and Renewal*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- VILÁ, J. (2008), «Setting up innovation management: Roadmap towards a fully innovative culture». *Paradigmes* 0, Generalitat de Catalunya, Departament d'Universitats, Indústria i Empresa.

BBVA

Una revisión del desarrollo económico: ¿cómo ha contribuido la innovación a la lucha contra la pobreza?

Manuel Mira Godinho

ISEG (Instituto Superior de
Economía e Gestão), Universidade
Técnica de Lisboa, UECE

INTRODUCCIÓN

De los estudios realizados sobre la distribución mundial de la riqueza se deduce que la pobreza ha disminuido en todo el mundo en las últimas décadas. En el resumen de sus conclusiones, Sala i Martín (2006) afirma que los índices de pobreza «en 2000 se situaron entre el 30% y el 50% de los registrados en 1970 para los cuatro umbrales [de pobreza]. En 2000 se contabilizaron entre 250 y 500 millones menos de pobres que en 1970». Estos datos han sido confirmados por estudios más recientes, como el de Pinkovskiy y Sala i Martín (2009), según el cual el porcentaje de población mundial que subsiste con menos de 1 dólar al día (computado según la paridad del poder adquisitivo del dólar en 2000) retrocedió del 26,8% registrado en 1970 al 5,4% en 2006.

En suma, el mensaje que se recibe de lo publicado hasta ahora sobre la evolución de la pobreza en el mundo viene a decir que, de continuar las tendencias observadas, la *pobreza* quedará probablemente erradicada del planeta a mediados de este siglo. Una buena noticia, sin duda. En especial, si damos por supuesto que subdesarrollo es sinónimo de pobreza extrema en el mundo en desarrollo, podemos aceptar fácilmente que la reducción observada de la pobreza en el mundo tiene una correlación muy

alta con el avance registrado en el progreso hacia la prosperidad económica.

No obstante, los distintos tipos de medición de la pobreza utilizados plantean algunos problemas metodológicos que nos obligan a ir con cautela en su interpretación. Los estudios citados al inicio hacen referencia a un único límite de pobreza, fijado en 1 dólar diario, a diferencia del Banco Mundial, que ha trabajado con distintos umbrales. Los umbrales internacionales de pobreza, por su parte, se fijan cerca de los valores medios observados en los países más pobres. Resulta, pues, difícil defender la utilización de un solo umbral. En los últimos años el Banco Mundial ha estado trabajando sobre todo con un umbral de pobreza de 1,25 dólares diarios, aunque también ha recurrido a otros cuatro umbrales distintos de 1 dólar, 1,45 dólares, 2 dólares y 2,5 dólares (Chen y Ravallion, 2008). Si tomamos este último umbral, sin duda adecuado para los muchos países en desarrollo que no se encuentran entre los más pobres, descubrimos enseguida que la cifra de 1990 de alrededor de 3.000 millones de pobres en el mundo no habría experimentado ningún descenso hasta 2005. En cualquier caso, los estudios publicados hasta la fecha parecen confirmar esa reducción de la pobreza en todo el mundo, si no en términos absolutos (aun

cuando muchos estudios confirman precisamente eso), sí al menos en términos relativos, dado el crecimiento continuo de la población mundial, que ha pasado de una cifra de cerca de 5.000 millones en 1990 a casi 7.000 millones en 2010.

Las observaciones acerca de esta tendencia mundial permiten plantear varias cuestiones importantes desde el punto de vista del desarrollo económico. La principal se refiere a las causas que han podido motivar esta tendencia positiva. Es evidente que son muchos los factores que explican lo observado: una mayor tasa de alfabetización, la mejora de la cobertura sanitaria, la expansión de la actividad comercial, un mayor número de iniciativas en el campo de la innovación, la adopción de políticas de potenciación de la industria y las mejoras en las instituciones, por citar algunos de los más relevantes. En el presente estudio nos interesa especialmente el papel desempeñado por la innovación en el desarrollo económico en este contexto más general. Nos centraremos en la posible función que puede tener en el futuro la innovación en la lucha contra la pobreza en el mundo y el fomento del desarrollo en las próximas décadas.

Con estas cuestiones en mente, se ha organizado el presente trabajo en cuatro secciones. La que sigue a esta contiene una descripción de la forma en que los estudios sobre desarrollo económico han ido avanzando y se han ocupado de la innovación, y extrae las distintas lecciones posibles de las múltiples perspectivas utilizadas en torno a la relación entre desarrollo e innovación. La tercera sección examina la bibliografía existente en materia de innovación y el enfoque que esta ha dado al desarrollo económico, desde un planteamiento bastante simétrico al de la sección anterior. La cuarta y última sección presenta un resumen de los principales temas tratados a lo largo del estudio y propone un pronóstico a largo plazo de cómo la innovación y el desarrollo podrían interactuar en las décadas venideras.

¿QUÉ ENFOQUE HA SEGUIDO LA BIBLIOGRAFÍA ACADÉMICA SOBRE EL DESARROLLO ECONÓMICO AL TRATAR SOBRE LA INNOVACIÓN?

Una primera etapa

Pese a su estrecha interrelación en la práctica, la innovación y el desarrollo se han abordado en gran medida como dos áreas separadas de estudio. El *desarrollo económico* surgió y evolucionó como objeto autónomo de estudio fundamentalmente después de la Segunda Guerra Mundial, como aplicación del plan Marshall en Europa, mientras la independencia recién conquistada por las antiguas colonias europeas abría un debate sobre las mejores políticas de desarrollo para el nuevo contexto. En cuanto al análisis económico de la *innovación*, se llevaron a cabo numerosos estudios empíricos sobre cambio tecnológico e innovación desde los años sesenta, siguiendo el modelo propuesto por Solow y su factor residual, que culminaron con la introducción de este tema como materia autónoma en los programas universitarios de licenciatura y posgrado vigentes a partir de los años ochenta.

Durante muchos años, los estudios relacionados con el desarrollo económico no mencionaban siquiera el término innovación y, hasta hace solo algunas décadas, los términos equivalentes predominantes fueron progreso técnico o cambio tecnológico. Este hecho resulta paradójico, pues ya en 1912 Joseph Schumpeter, famoso por ser el primer representante del mundo académico en estudiar de forma sistemática el concepto de innovación, publicó un libro titulado precisamente *The Theory of Economic Development*, que comenzaba proponiendo un modelo en el que la economía se desenvolvía en un flujo circular, de cuyo equilibrio estático inicial conseguía salir gracias a la introducción de innovaciones por parte de empresarios emprendedores. Un fenómeno paralelo dentro de esta misma secuencia sería la *destrucción creativa*, causada por la introducción de innovaciones radicales, y cuyo resultado era la generación de la dinámica del ciclo económico. No obstante, las ideas de

“Durante muchos años, los estudios relacionados con el desarrollo económico no mencionaban siquiera el término innovación, y hasta hace solo algunas décadas los términos equivalentes predominantes fueron progreso técnico o cambio tecnológico”

Schumpeter no saltaron a los estudios sobre desarrollo económico realizados en las décadas siguientes, quizás porque su concepción era más aplicable a las economías capitalistas desarrolladas que a las economías más débiles de los países en desarrollo.

Crecimiento equilibrado frente a crecimiento desequilibrado: la búsqueda del motor del desarrollo

En sus inicios, la teoría del desarrollo se vio influida, más que por las ideas de Schumpeter, por los modelos de crecimiento keynesianos. En estas primeras aproximaciones se proponía como condición principal para el crecimiento la capacidad de elevar los niveles de ahorro hasta conseguir la acumulación de capital (Domar, 1946; Harrod, 1948). Desde esta perspectiva, la modernización económica y el progreso dependían de la posibilidad de elevar las tasas de ahorro y de inversión, objetivo inalcanzable con medidas reguladoras. Autores marxistas como Dobb (1951) propugnaban una tesis similar, basada en la acumulación de capital tangible.

Pronto, sin embargo, fueron abandonándose estas tesis, consideradas demasiado simplificadoras al atribuir un carácter unisectorial a la economía. Los debates se trasladaron rápidamente a los problemas de la dicotomía equilibrio-desequilibrio en el crecimiento y la composición estructural de la economía. Lewis (1954) desarrolló un modelo dualista que presentaba una economía formada por dos sectores, uno *tradicional* y otro *moderno*. El *sector tradicional* coincidía con la agricultura en las áreas rurales y el *sector moderno* se encontraría en las industrias modernas concentradas en las áreas urbanas. En la actualidad, diríamos que el sector moderno es el introductor de innovaciones en la economía y, previsiblemente, los avances conseguidos por este sector irían calando de forma gradual en el sector tradicional, impulsando así su modernización y el desarrollo económico. Los estudios realizados sobre este tipo de dinámica intersectorial fueron analizados por Hirshman (1958). Según este autor, el aspecto crítico del desarrollo no consistía tanto en las tasas de ahorro e inversión, sino en la capacidad real de movilizar las habilidades empresariales. En su opinión, los empresarios necesitaban incentivos para concentrar sus inversiones en sectores específicos cuyos enlaces hacia atrás y hacia delante generaran efectos beneficiosos en toda la economía. Este énfasis en la estructura económica fue ampliado más adelante de forma significativa por perspectivas que destacaban la relevancia de la especialización internacional de las diferentes economías.

En oposición a las concepciones *dualista* y *estructuralista*, los partidarios del *crecimiento equilibrado* (Singer, 1952; Nurske, 1953) afirmaban que el desarrollo exigía llevar a cabo una expansión coordinada de diversos sectores. Dado que los mercados son limitados en las economías en desarrollo y que el crecimiento general de la producción depende de la demanda existente, estos teóricos postulaban que los sectores debían evolucionar a la par para generar una demanda mutua lo suficientemente grande

como para proporcionar el impulso necesario para el crecimiento económico global. Se consideraba especialmente importante este requisito, ya que se pensaba que los países en desarrollo tenían pocas oportunidades para exportar a un mercado internacional dominado por las economías de la OCDE.

Fue esta última idea la que dio lugar a otra serie de tesis interrelacionadas dentro del campo del desarrollo económico. Prebisch (1950), que trabajaba en la Comisión de las Naciones Unidas para América Latina y el Caribe, argumentó que los países en desarrollo debían promover políticas de sustitución de importaciones, ya que el mundo había evolucionado hacia una relación centro-periferia en la que las naciones en desarrollo estaban condenadas a exportar materias primas y productos básicos a las naciones ricas, y a importar de estas bienes de equipo y productos con una elevada tecnología. Era necesario el proteccionismo para que los mercados nacionales pudieran expandirse y explotar economías de escala, característica crucial de las tecnologías más avanzadas del momento. Estas ideas cristalizaron algún tiempo después y formaron lo que se denominó la *teoría de la dependencia*, propugnada por autores como Furtado (1973), Frank (1975) y Amin (1973).

¿Qué tecnologías son más adecuadas para los países en desarrollo?

A partir de los años setenta, sin embargo, comenzaron a apreciarse signos que indicaban un descontento gradual con el curso seguido por la teoría del desarrollo a lo largo del tiempo. Desde dentro, hubo algunos como Seers (1969) que se mostraron contrarios al fetichismo dominante del crecimiento y proclamaban la necesidad de un análisis académico del desarrollo que diera preferencia a los aspectos cualitativos más relacionados con las necesidades de los seres humanos. Amartya Sen se erigió en el principal exponente de estas ideas, al postular que el aspecto decisivo del desarrollo era la libertad de los individuos de hacer o de ser. Este derecho

de acceso solo podría conseguirse cuando los individuos estuvieran dotados de capacidades adecuadas para llevar a la práctica sus elecciones (Sen, 1980).

En el seno de estas tesis a favor del enfoque cualitativo surgió un libro que tuvo una enorme influencia, titulado *Small is Beautiful* (Schumacher, 1973). Esta obra aportó al debate en torno al desarrollo no solo la idea de que el crecimiento económico podría no ser un objetivo central, sino que, además, el crecimiento podría ser perjudicial y algo que tal vez las sociedades deberían evitar. Estas ideas tuvieron su origen en un clima intelectual que rechazaba la cultura materialista dominante de las economías capitalistas más desarrolladas, al mismo tiempo que se formaba una conciencia en todo el mundo sobre los límites que al crecimiento debían imponer tanto la degradación medioambiental como las reservas limitadas de recursos naturales no renovables (Meadows *et al.*, 1972). En su libro, Schumacher propone la idea de que muchas tecnologías modernas son nocivas y que las sociedades se beneficiarían de unas tecnologías de menor escala, ya fueran las tradicionales o, incluso, lo que denominó las *tecnologías intermedias*. Estas *tecnologías intermedias* resultarían, según el autor, más productivas que las tradicionales y, a la vez, requerirían una menor inversión de capital y causarían menos daños al medio ambiente que las actuales tecnologías a gran escala. Las ideas de Schumacher dieron lugar a la formación del movimiento defensor de las tecnologías intermedias que, con posterioridad, se desgajaría en dos ramas: una centrada en el contexto de las economías en desarrollo y cuya materialización práctica fue la introducción, a lo largo de varios años, de tecnología considerada adecuada en algunos de los países más pobres; y la otra rama, orientada a los países desarrollados e interesada en la búsqueda de tecnologías respetuosas con el medio ambiente. Debe señalarse que el trabajo de Schumacher estaba profundamente enraizado en el pensamiento de Mohandas Gandhi. El líder independentista indio defendía

la utilización de una tecnología pequeña, de base local, como un medio para que los trabajadores indios pudieran llegar a ser autónomos y capaces de hacer frente a las tecnologías a gran escala desplegadas por los británicos. Las tecnologías a gran escala, de hecho, son típicamente centralizadoras y, por tal motivo, utilizadas por el poder colonial para concentrar la producción e imponer precios a las poblaciones indígenas.

Este concepto de *tecnología intermedia* (o *adecuada*) converge con las ideas de Amartya Sen sobre capacidades individuales y autonomía. Considera este autor que la *tecnología adecuada* da poder a los pobres, al otorgarles una mayor autonomía individual y local, al tiempo que respeta el medio ambiente. Fue el interés por estos planteamientos el que impulsó la aparición de posturas radicales de pensadores como Vandana Shiva (1992, 2000), quien, en un libro publicado en 1992, recogía las críticas suscitadas por la llamada *revolución verde*. Al contrario que muchos defensores de los logros conseguidos por la revolución verde mediante la aplicación de la ciencia moderna a la manipulación genética de especies agrícolas, otros muchos han criticado estas prácticas por motivos sociales, políticos, sanitarios y medioambientales. La *revolución verde* representa un caso fascinante para el estudio de los impactos que la innovación puede tener en los caminos del desarrollo y de cómo la elección tecnológica es un problema actual que políticas y sociedades deben someter a examen.

Es interesante destacar que las ideas sobre tecnología intermedia han derivado más recientemente hacia una perspectiva bien distinta. C. K. Prahalad, famoso por sus libros relacionados con estrategia y gestión del conocimiento, publicó en 2004 *The Fortune on the Bottom of the Pyramid: Eradicating Poverty Through Profits*. La base de la pirámide (concepto conocido también por sus siglas en inglés, BoP) está formada por los 4.000 millones de pobres que viven en todo el mundo con menos de 2 dólares diarios. Esencialmente, la idea de Prahalad era adaptar e integrar las soluciones del pasado —ayudas al desarrollo,

subsidios, cofinanciación pública, dependencia exclusiva de la liberalización y la privatización de bienes públicos— dentro de un enfoque más general orientado al mercado. Instaba a «movilizar la capacidad de inversión de las grandes empresas con el conocimiento y el compromiso de las ONG y las comunidades que necesitan ayuda» mediante la creación conjunta de soluciones específicas. De este modo, según el autor, los pobres no eran vistos como un mercado pasivo al que las empresas podían imponer los productos ya existentes, sino, al contrario, como una parte activa del propio proceso de innovación, que debería hacer participar a las multinacionales en la creación con ellos de nuevos productos adaptados a sus necesidades y recursos económicos. El planteamiento de Prahalad dio pie a la aparición de una importante corriente bibliográfica centrada en los puntos siguientes: 1. la forma en que deberían participar los pobres en el proceso de co-creación en su propio beneficio (Ramani *et al.*, 2009; Ghazi y Dusyters, 2009); 2. la responsabilidad social de las multinacionales en el Tercer Mundo (Rangan *et al.*, 2007); y 3. estudios de casos reales que muestran cómo las multinacionales se benefician de un mercado global valorado en 5 billones de dólares, e incluyen datos sobre muchas e importantes innovaciones concebidas para la lucha contra la pobreza¹. En cierto modo, la bibliografía que examina la innovación en la BoP supone un avance con respecto a lo publicado con anterioridad sobre elección de tecnologías (Stewart, 1978), que solía tratar la cuestión desde la disyuntiva entre tecnología endógena (tradicional) y tecnología extranjera como vías alternativas, y ello debido al énfasis que el nuevo planteamiento está poniendo en la unión de los esfuerzos realizados por la población pobre de los países en desarrollo y las multinacionales (en su mayoría extranjeras).

¿Ha evolucionado la economía del desarrollo?

Aparte de las recientes contribuciones (cualitativas) mencionadas en los apartados anteriores, la mayor parte de los estudios sobre

¹ En este sentido, resulta muy interesante el artículo titulado «Special report on innovation in emerging markets» [Informe especial sobre innovación en mercados emergentes], publicado por *The Economist* en su número del 17 de abril de 2010, ya que proporciona numerosos ejemplos de innovaciones contra la pobreza (o realizadas por los pobres).

economía del desarrollo publicados en las dos últimas décadas han tenido un carácter analítico y han estado más concentrados en problemas técnicos que en los verdaderos retos del desarrollo. Esta tendencia se explica no solo porque la anterior economía del desarrollo fuera descartada por la mayoría de los economistas por considerarla insatisfactoria desde un punto de vista metodológico, sino también porque la falta de avances en los países en desarrollo hizo crecer la preocupación entre los reguladores de esos países por la naturaleza excesivamente normativa y poco pragmática de las teorías existentes. En consecuencia, en los últimos años un porcentaje significativo de estudios sobre economía del desarrollo ha seguido una ruta diferente, en especial bajo los auspicios de la *nueva economía del crecimiento*, continuación y perfeccionamiento de los modelos de crecimiento económico que Robert Solow y otros economistas habían propuesto a finales de los años cincuenta y en la década siguiente. En el libro de Lundvall *et al.* (2009) se ofrece una interesante descripción de esta evolución, y en él se concluye que «en la actualidad la ciencia económica ortodoxa ve en muchas ocasiones los problemas de los países en desarrollo como interesantes oportunidades para hacer uso de avanzados modelos teóricos y herramientas econométricas, mientras que el interés por comprender las estructuras que se esconden tras el subdesarrollo y los mecanismos que podrían activar el desarrollo suelen quedar en un segundo plano».

Sin embargo, la economía del desarrollo no ha circulado exclusivamente por la vía analítica. Por una parte, las perspectivas iniciadas por Amartya Sen dieron lugar a un importante replanteamiento de lo que se entiende exactamente por *desarrollo*, y se concentraron en la relevancia de las libertades y las capacidades de los individuos y de la sociedad. Por otro lado, gran parte del trabajo empírico se ha centrado en casos de desarrollo y avance que han llegado a buen término en las últimas décadas, y ofrece valiosas reflexiones sobre las estrategias

aplicadas para un aprendizaje y una incorporación eficaces de la innovación en el proceso de desarrollo. En concreto, en esta última corriente bibliográfica es en la que se va a detener la siguiente sección de este trabajo.

INNOVACIÓN, APRENDIZAJE Y ACERCAMIENTO: NUEVAS PERSPECTIVAS SOBRE EL DESARROLLO ECONÓMICO

De la innovación como proceso a la innovación como sistema

Se dice que la innovación es la primera aplicación práctica de una invención. Normalmente esta aplicación tiene lugar en un mercado organizado, en el que empresas innovadoras introducen productos nuevos o suministran productos ya existentes que han sido sometidos a procesos nuevos. Como Fagerberg (2005) ha señalado: «Para convertir una invención en innovación, una empresa necesita por lo general aglutinar tipos diversos de conocimientos, capacidades, competencias y recursos. La empresa podrá necesitar, por ejemplo, técnicas de producción, habilidades e instalaciones, conocimiento del mercado, un buen sistema de distribución, suficientes recursos financieros, etc.». Según esta concepción, la innovación es esencialmente un proceso muy dependiente del conocimiento.

Las fuerzas que impulsan la innovación suelen agruparse en dos tipos principales de factores, asociados especialmente a las *oportunidades de mercado* y a las *oportunidades tecnológicas*. La hipótesis que presenta las *oportunidades de mercado* ha tomado forma en un modelo de innovación al que se hace referencia como *tirón de la demanda* (*demand-pull*). Según este modelo, es la existencia de ciertas necesidades, como algunas enfermedades o la búsqueda de procesos con mayor eficiencia energética —para las que el mercado debe todavía encontrar soluciones satisfactorias—, la que estimula la innovación. Esta tesis se planteó en un libro, *Invention and Economic Growth* (Schmookler, 1966), basado en el estudio de series históricas temporales de patentes en Estados Unidos y su relación con la

“Las fuerzas que impulsan la innovación suelen agruparse en dos tipos principales de factores, asociados especialmente a las oportunidades de mercado y a las oportunidades tecnológicas”

inversión y la producción, desde finales del siglo XIX y durante todo el siglo XX. Las ideas de Schmookler fueron, sin embargo, criticadas por Mowery y Rosenberg (1979), quienes afirmaban que no todas las innovaciones nacían de las necesidades planteadas por el mercado. En concreto, estos autores postulaban que muchas innovaciones, en especial en los sectores industriales que se desarrollaron en la segunda mitad del siglo XX, como el de la electrónica, surgieron con frecuencia por la aplicación de descubrimientos científicos o por los resultados imprevistos de estudios y avances tecnológicos. Estas innovaciones, generadas a partir de *oportunidades tecnológicas*, hicieron pensar en la existencia de un *modelo de innovación impulsado por la ciencia y la tecnología*. Estas dos hipótesis —en cierto modo contrapuestas— relativas a la innovación acabaron siendo consideradas complementarias y, más tarde, fueron incorporadas al *modelo interactivo de innovación* (Freeman, 1979) y articuladas en el modelo recursivo de *innovación de enlaces en cadena* (Kline y Rosenberg, 1986).

Dentro de esta secuencia teórica surgió el enfoque sistémico, que apuntaba al concepto de *sistema de innovación*. La bibliografía publicada en torno a los *sistemas de innovación* (Freeman, 1987 y 1995; Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Edquist, 2004; Malerba, 2002) ha tratado de integrar las fuerzas de la demanda con la ciencia y

la tecnología en un contexto más amplio, sistémico, en el que interactúan diferentes actores e instituciones implicados en la innovación. Según este enfoque, la introducción y la adopción de innovaciones conforman un complejo proceso que nace de la coordinación de esfuerzos entre diversas partes implicadas. Plantea, además, que el proceso de innovación se ve afectado en gran medida por trayectorias históricas y por entornos normativos; es decir, ha demostrado que la innovación es un proceso integrado en lo institucional. El concepto de sistemas de innovación se fundamenta no solo en los modelos de proceso de innovación, de mayor sencillez, descritos brevemente en líneas anteriores, sino también en el concepto de sistema de ciencia y tecnología desarrollado en los años sesenta, así como en las escuelas institucionalistas, antiguas y modernas.

En los últimos años, este concepto de sistemas de innovación ha influido en el análisis del desarrollo económico y ha dado lugar a dos corrientes. La primera, la que defiende el concepto de *sistema nacional de innovación*², pone de manifiesto la necesidad de que los distintos actores (empresas, consumidores, universidades, entidades financieras, empleados públicos, organizaciones intermedias...) coordinen sus esfuerzos por medio de estrategias colectivas y visiones con proyección de futuro de ámbito nacional. Este concepto se ha aplicado a un gran abanico de economías, en un principio economías maduras, pero, cada vez más, a economías emergentes y a muchas economías en desarrollo de países más pobres (Arocena y Sutz, 2000; Gu y Lundvall, 2006a y 2006b; Joseph, 2006; Lastres y Cassiolato, 2005; Lastres, Cassiolato y Maciel, 2003; Liu y White, 2001; Oyelaran-Oyeyinka, 2006; Viotti, 2002). En segundo lugar, con la evolución de este enfoque hacia el análisis de los *sistemas de aprendizaje*, la atención se ha desplazado a los mecanismos que subyacen en la producción, la adopción y la difusión de conocimiento productivo nuevo, y que son, indudablemente, fundamentales para las economías en desarrollo. Esta

² Una búsqueda en Internet realizada a mediados de 2010 acerca del concepto «National Innovation System» dio alrededor de 742.000 resultados en Google, y para su expresión equivalente, «National System of Innovation», se encontraron otros 266.000. Sumados todos los resultados, representan más de un millón de referencias a este concepto en documentos disponibles en Internet.

segunda corriente de análisis sigue en parte la línea trazada por estudios más antiguos relativos a la *transferencia de tecnología* en cuanto a su interés por las fuentes de la tecnología dentro de un contexto de desarrollo y, en parte, la de la bibliografía más reciente sobre aprendizaje tecnológico. En los apartados siguientes se da un breve repaso a estos dos corpus bibliográficos.

Transferencia de tecnología

En la bibliografía más antigua acerca de la transferencia de tecnología, los países en desarrollo eran presentados como *seguidores* de los que se esperaba que, *en mayor o menor grado*, absorbieran pasivamente y adoptaran innovaciones desarrolladas por las economías más avanzadas. Para ello, lo único que tenían que hacer era aprovechar las fuentes de tecnología extranjera, la más importantes de las cuales era la importación de bienes de equipo³. Otros canales que analizaban de manera sistemática los estudios sobre *transferencia de tecnología* eran los de la inversión extranjera directa (IED), las empresas en participación, las licencias y la subcontratación de tecnología por parte de los fabricantes de equipos originales (OEM). Con relación a la IED, se le ha atribuido por lo general un papel positivo en la transferencia de conocimientos técnicos, si bien con algunas limitaciones significativas. Según una opinión generalizada a mediados de los años noventa, la IED era un medio eficaz de transferir innovación, aunque no necesariamente de transferir las propias capacidades de innovación (Lall, 1996).

Estas modalidades de transferencia de tecnología fueron objeto de un intenso estudio con relación al éxito logrado por algunas economías en su proceso de industrialización. En su análisis de los cuatro *dragones* asiáticos (Corea del Sur, Taiwán, Hong Kong y Singapur), Hobday (2000) señalaba cómo, en cada caso, habían funcionado con eficacia mecanismos diferentes. En el caso de Corea del Sur, algunos de los grandes conglomerados empresariales coreanos —los *chaebols*— comenzaron como subcontratistas

de grandes empresas japonesas, fabricando productos con las marcas de estas empresas en régimen de OEM, para, más tarde, desarrollar actividades de diseño y desarrollo de forma simultánea a su función de proveedores de productos acabados y, algo después, emprender la promoción y la venta de sus productos con sus propias marcas en todo el mundo. Este proceso gradual les permitió absorber conocimientos técnicos capitales de las empresas que les contrataban y adquirir capacidades de innovación en ingeniería de productos y de procesos. A diferencia de Corea, en el caso taiwanés, las pequeñas empresas de electrónica y de tecnologías de la información de este país se centraron principalmente en la importación de tecnología por medio de la firma de contratos de licencia de tecnología extranjera, una vía en cierto modo parecida a la seguida por Japón algunas décadas antes (Freeman, 1987).

Un elemento más reciente en el enfoque dado a la transferencia de tecnología ha sido el análisis de las *cadena globales de valor* (CGV) (Ernst, 2001; Kaplinsky, 2005). Este análisis proporciona datos y conclusiones sobre la participación de los países en desarrollo y sus empresas nacionales en las cadenas globales de suministro. Componentes fundamentales de esta perspectiva han sido los mecanismos de gobierno de las CGV (Gereffi *et al.*, 2005), que valoran el carácter de la participación de las compañías de los países en desarrollo en las CGV y las operaciones en las que participan (montaje, diseño, comercialización, etcétera).

Debe tenerse en cuenta que la importancia que se da a la necesidad de absorber tecnología extranjera, y el interés de esta, contrastan considerablemente con ciertas teorías que, durante varias décadas, influyeron en numerosos países, como son las de las escuelas *estructuralista* y *de la dependencia*, que recomendaban a gobiernos nacionales y empresas de países en desarrollo depender lo más posible de sus propios recursos y capacidad y menos de los conocimientos técnicos extranjeros⁴.

³ Esta idea nos devuelve al problema abordado por anteriores modelos de desarrollo: la capacidad de la política macroeconómica para optimizar las tasas de ahorro e inversión.

⁴ Una de las conclusiones de estas teorías más orientadas al interior era que el desarrollo económico debía estar *en equilibrio* con el crecimiento simultáneo de todos los sectores económicos, ya que los países en desarrollo no podían depender excesivamente de la especialización y de las oportunidades presentadas por un sistema comercial en gran medida dominado por los países de la OCDE.

Aprendizaje tecnológico

En cierto modo, el corpus bibliográfico que se ocupa del aprendizaje tecnológico en el contexto del mundo en desarrollo ofrece un compendio de los aspectos más interesantes de los enfoques aparentemente contrapuestos que destacan la importancia de las fuentes externas e internas de desarrollo tecnológico.

Se ha definido el *aprendizaje tecnológico* como «todo proceso por el que se incrementan o fortalecen los recursos para la generación y la gestión del cambio tecnológico (de las capacidades tecnológicas)» (Bell y Pavitt, 1993). Esta tesis presenta la tecnología como mucho más que conocimiento incorporado en unos equipos y prefiere centrarse en los aspectos cognitivos del proceso de aprendizaje; según algunos de sus defensores, «la tecnología es un [...] conjunto de conocimientos, muchos de los cuales forman parte de diferentes objetos, personas, procedimientos y estructuras organizativas. Entre estas formas de integración de conocimientos pueden citarse, al menos: las especificaciones y los diseños de productos; las especificaciones y propiedades de materiales y componentes; la maquinaria y su diversidad de características operativas; y las distintas clases de conocimientos técnicos, procedimientos operativos y estructuras organizativas que se necesitan para integrar estos elementos en una inmensa variedad de sistemas de producción diferentes» (Bell y Albu, 1999).

Gran parte de estos estudios sobre aprendizaje tecnológico comenzaban analizando los mecanismos de la acumulación tecnológica dentro de cada empresa, fijándose especialmente en grandes empresas de países como Argentina, Brasil, México, Corea del Sur e India (Dahlman y Fonseca, 1987; Katz, 1985). El aspecto al que dedicaban especial atención era la forma en que cada empresa organizaba su proceso de desarrollo de capacidades a través del aprendizaje asociado a una actividad I+D endógena. Más recientemente, sin embargo, los estudios relativos al aprendizaje tecnológico han evolucionado hacia el análisis de las estructuras

más complejas en las que las empresas de países en desarrollo interactúan con proveedores, clientes y organizaciones especializadas en la generación de conocimientos, como universidades y centros de I+D. De este modo, el interés ha dejado de circunscribirse al ámbito de la empresa para trasladarse al del análisis de *redes* o *clústeres*. Como defienden Bell y Albu (1999), estas sumas de capacidades organizadas internamente con recursos externos de conocimientos «se conocen como *sistemas de innovaciones industriales, sistemas de tecnología o sistemas de conocimiento*».

En este contexto sistémico, convergente con el propuesto por la bibliografía relativa a los *sistemas de innovación*, el *aprendizaje tecnológico* es concebido como un proceso dinámico de adquisición y desarrollo de capacidades cuyo éxito depende tanto de las trayectorias históricas como del marco institucional en el que tiene lugar. Asimismo, en contra de la idea de la absorción de tecnología por medio de la importación de bienes de equipo, las capacidades tecnológicas no serían el resultado de una circunstancia o un hecho aislado, sino un proceso de desarrollo en el tiempo unido a una organización de esfuerzos a largo plazo y con un objetivo claro por parte de empresas y otros actores implicados en el sistema nacional de innovación.

Acercamiento

El concepto de *acercamiento* se refiere a la capacidad de un país para reducir su diferencial de productividad con respecto a las principales economías a lo largo de un periodo de tiempo determinado (Fagerberg y Godinho, 2005). La bibliografía en torno al acercamiento ha hecho especial hincapié en que es la combinación de factores endógenos y exógenos la que produce un aumento de la productividad. Los antecedentes de la literatura sobre acercamiento se remontan a principios del siglo XX, con el trabajo de Thorstein Veblen acerca del proceso de acercamiento en Alemania. Fue, sin embargo, algunos años después cuando se publicaron contribuciones

más sistemáticas a este campo, al mismo tiempo que aparecían los primeros estudios sobre desarrollo y crecimiento económico, entre los que puede destacarse el de Gerschenkron (1962).

Gerschenkron adoptó una perspectiva esencialmente optimista sobre las posibilidades de los países de salir del subdesarrollo y, en esa línea, propugnaba que, cuanto más atrasado es un país, mayor es su potencial para llevar a cabo un proceso rápido de acercamiento. Esta paradoja parecía realizable, ya que el subdesarrollo origina una tensión entre el atraso existente y las promesas que ofrece el desarrollo económico. Dicha tensión facilitaría un rápido crecimiento de la tasa de inversión y una concentración en las industrias y las tecnologías al alza. La tesis de Gerschenkron ha sido puesta a prueba de manera exhaustiva por numerosos estudios econométricos, que han analizado la relación negativa entre el PIB inicial per cápita y su índice de crecimiento en muestras de un gran número de países (Baumol, 1986; Lucas, 1988; Barro, 1991; Barro y Sala i Martín, 1992; Quah, 1993).

Pese a esta visión optimista, para muchos países del mundo en desarrollo la noción de acercamiento ha estado asociada negativamente a planteamientos históricos lineales, como el expuesto por W. W. Rostow (1960). Rostow afirmaba que todos los países han de evolucionar atravesando unas *etapas de crecimiento* predefinidas y que debe esperarse que las naciones en desarrollo maduren siguiendo líneas similares a las recorridas por Estados Unidos o Reino Unido en los siglos XIX y XX. Según Rostow, el problema del desarrollo económico está básicamente relacionado con la capacidad de movilizar los recursos necesarios para el despegue hacia la modernidad. El rechazo que suscitaron las ideas de Rostow reproduce en parte los argumentos que se han examinado en párrafos anteriores sobre la necesidad de que los países en desarrollo fomenten y desplieguen tecnología adecuada. Sin embargo, no debe olvidarse que los estudios relativos al acercamiento y el propio trabajo de Gerschenkron no dicen que sea

obligado que los países evolucionen por etapas similares de desarrollo, y vinculan el acercamiento a las condiciones necesarias para alcanzar —y, finalmente, sobrepasar— los niveles de productividad de las economías con mejor rendimiento de cada época en un periodo de tiempo relativamente corto.

Una posible razón de las suspicacias despertadas por la teoría del acercamiento es la completa frustración experimentada tanto por los estudiosos como por los reguladores de los países en desarrollo a causa de las gigantescas dificultades y retrocesos a los que han de hacer frente en su salida del subdesarrollo. Debe señalarse, sin embargo, que existen algunas variaciones dentro de este enfoque: desde las tesis más positivas, que aceptan la posibilidad de un *avance tecnológico a saltos* si se dan determinadas *ventanas de oportunidad* (Pérez y Soete, 1988), hasta las que han puesto de relieve la multitud de barreras que existen y el muy diverso conjunto de condiciones que han de satisfacerse, especialmente en relación con la necesidad de acumular previamente tecnología a lo largo de extensos periodos de tiempo (Pavitt, 1985).

La mayor parte de la bibliografía relacionada con el concepto de acercamiento se ha centrado precisamente en estos últimos aspectos. En la línea de la teoría de Gerschenkron, la mayoría de los estudios sobre acercamiento se concentraron enseguida en las condiciones tecnológicas previas, viendo en la innovación un aspecto fundamental de los esfuerzos, por parte de las economías más pobres, de eliminar rápidamente el desfase económico con respecto a las economías maduras. En uno de estos estudios se expuso la hipótesis de la *brecha tecnológica* (Posner, 1961; Fagerberg, 1987; Fagerberg y Verspagen, 2002), según la cual cuanto mayor es esta, mayor es el potencial de acercamiento. No obstante, aun cuando se concreta en las oportunidades generadas por la inversión en tecnología e innovación, la teoría que subyace en esta hipótesis insiste en que la tecnología no es un bien público, global y gratuito. Las dificultades que representa la

“Algunos de los estudios empíricos más influyentes sobre casos recientes de acercamiento convergen en torno a una serie de conclusiones formuladas dentro del marco desarrollado por historiadores económicos que trabajan desde una perspectiva institucionalista”

absorción de tecnología extranjera han cobrado especial importancia, junto con la necesidad de unirla a la acumulación local de conocimiento tecnológico a través de una I+D endógena y de otras actividades de aprendizaje.

Por otra parte, y también de acuerdo con las tesis de Gerschenkron y con enfoques anteriores, como el análisis que hizo Veblen (1915) del acercamiento alemán, la mayor parte de los estudios sobre brechas tecnológicas ha hecho hincapié en que los candidatos al acercamiento han de cumplir ciertos requisitos previos institucionales. Abramovitz (1994) señaló que las economías aspirantes a ello deberían sumar a la *congruencia tecnológica* una *capacidad social* indispensable. Por *congruencia tecnológica* entendía el grado de coherencia entre aspectos económicos, como la dotación de recursos, el grado de especialización en diferentes tecnologías, la configuración de la demanda, las características imperantes del mercado y la situación del país en cuanto a infraestructuras físicas. Por otro lado, en el concepto de *capacidad social* reunía factores culturales e institucionales, como

los niveles de educación y competencia técnica, el clima político, la capacidad de interacción de organizaciones empresariales y científicas y, en términos más generales, la cultura económica en cuyo marco se desenvuelven la capacidad de emprender, la capacidad de innovar y la propensión al riesgo de los actores económicos.

Este interés por las *instituciones* sigue los pasos de estudios realizados por historiadores económicos como Landes (1969 y 1998) y North (1981 y 1990). Landes afirma que el temprano avance económico de algunos países europeos como Gran Bretaña guarda una estrecha relación con la presencia de un conjunto eficiente de instituciones y, entre ellas, las que velan por el cumplimiento de las obligaciones contractuales y por el respeto a las libertades personales, tan necesarias para garantizar la movilidad geográfica y social. North adopta un punto de vista más cercano a la economía, en el sentido de que se aparta de la incertidumbre que caracteriza a los intercambios económicos y describe a los mercados como parte de las instituciones reguladoras necesarias para el progreso de la actividad económica. En su trabajo posterior, presenta también al gobierno como parte de la maquinaria institucional necesaria para facilitar los intercambios económicos.

Algunos de los estudios empíricos más influyentes sobre casos recientes de acercamiento convergen en torno a una serie de conclusiones formuladas dentro del marco desarrollado por historiadores económicos que trabajan desde una perspectiva institucionalista. Wade (1990) ha señalado en su análisis de Taiwán y de otros países asiáticos que la combinación apropiada de libre mercado e intervención del Estado está en el origen de la rápida industrialización alcanzada, especialmente en lo que se refiere a la coordinación de decisiones para la asignación de recursos. Rodrick (2007) ha dejado claro que «el distintivo del desarrollo es el cambio estructural: el proceso de captación de los recursos económicos de actividades tradicionalmente poco productivas para su empleo en una actividad

moderna de productividad elevada», a lo que no ha podido dejar de añadir que «no es en absoluto un proceso automático, y requiere mercados que funcionen de manera óptima. Es responsabilidad de la política industrial estimular las inversiones y el interés emprendedor hacia nuevas actividades, especialmente hacia aquellas en las que la economía puede acabar teniendo una ventaja comparativa».

Además de la importancia dada a la necesidad de unas instituciones apropiadas y a una adecuada coordinación entre mercados y Estado, la literatura empírica reciente ha demostrado también que un proceso rápido de acercamiento en cuanto a productividad es el resultado, normalmente, de una combinación de proteccionismo selectivo y de apertura a fuentes de conocimiento extranjeras (Chang, 2002; Hobday, 2000).

CONCLUSIÓN

Una cuestión importante que está presente en toda la bibliografía examinada en las secciones anteriores se refiere a la posibilidad de que las naciones en desarrollo decidan cuáles son las tecnologías que mejor satisfacen sus necesidades. Como se ha visto antes, la visión lineal de Rostow, según la cual todos los países siguen una trayectoria secuencial similar, impuso la obligatoriedad de seguir en el mundo en desarrollo los pasos de las economías más avanzadas. Desde esta perspectiva, la tarea de las economías en desarrollo sería, sobre todo, concentrarse en el perfeccionamiento de los mecanismos de absorción y adoptar en el mismo orden las tecnologías inventadas con anterioridad por las economías desarrolladas. En pocas palabras, este es el razonamiento que se esconde tras las nociones más básicas de transferencia de tecnología. Fue en parte el rechazo de esta teoría lo que condujo al concepto de *tecnología apropiada* (o *intermedia*) desarrollado por Schumacher y otros teóricos, con el que indican que existe un *espacio tecnológico* del que pueden seleccionarse muchas alternativas distintas.

En la actualidad, la bibliografía en torno a la elección tecnológica se extiende mucho más allá del contexto de los países en desarrollo para afirmar que pueden seguirse rutas tecnológicas alternativas incluso en el ámbito de las economías desarrolladas. Esta perspectiva, por ejemplo, se encuentra en las críticas ya antiguas del fordismo y el taylorismo que versan sobre los efectos de eliminación de la necesidad de trabajadores cualificados que produce la tecnología moderna (Braverman, 1974; Noble 1977 y 1984), en los trabajos del Instituto Tavistock sobre sistemas sociotécnicos o en el enfoque que propone «sistemas antropocéntricos de producción» (Lehner, 1992).

El hecho de que algunos países en desarrollo hayan estado creando y difundiendo efectivamente algunas tecnologías apropiadas (de procesos y productos), parece confirmar la idea de que podrían aplicarse realmente tecnologías alternativas con éxito. La reciente introducción del Tata Nano, diseñado y fabricado en India, es un ejemplo muy interesante que confirma esta afirmación. En este nuevo automóvil se han utilizado importantes innovaciones en productos y procesos que han sido considerados radicales y rompedores en todo el mundo (Lim *et al.*, 2010).

Sin embargo, pese a que hoy muchos aceptan la idea de un *espacio tecnológico* en el que pueden seleccionarse diferentes tecnologías, es también generalizada la convicción de que dicho *espacio tecnológico* no tiene infinitas posibilidades, dada la escasez de recursos naturales y las opciones limitadas de diseño. Esta idea implica, además, que a medida que un país evoluciona hacia niveles más altos de PIB per cápita —tratando de acercarse y, en última instancia, de superar a las economías desarrolladas—, las selecciones disponibles dentro de este espacio tecnológico se hacen mucho más reducidas. Esto es así porque cuando un país o un clúster regional de empresas comienza a aproximarse al estado de la técnica en un campo tecnológico determinado, el principal obstáculo que le impide seguir avanzando pasa a ser la escasez de

conocimiento que, en la frontera del estado de la técnica, es complejo e incierto. El corolario es que, cuando una nación busca ser competitiva en el ámbito internacional en tecnología avanzada, las opciones reales de tecnologías alternativas se reducen significativamente. Es evidente que, incluso en estas circunstancias, los candidatos al acercamiento no necesitan invertir en alta tecnología de *espacio reducido* en todas las actividades económicas, especialmente en aquellas cuyos productos podrían no ser comercializables, pero invertir al menos en algunas de las tecnologías más dinámicas sí resulta conveniente, no solo porque estas tecnologías suelen generar una cifra mayor de ingresos en los mercados en expansión, sino porque, además, la especialización en esas tecnologías podría producir los efectos dinámicos, de red y de trasvase gradual mencionados por la bibliografía más antigua sobre desarrollo (Rosenstein-Rodan, 1943; Lewis, 1954; Hirshman, 1958; o Kaldor, 1966).

Otro aspecto importante que se trata en la literatura examinada en las secciones anteriores es saber si resulta deseable una composición sectorial de la economía *adecuada o especialmente conveniente*. No resulta difícil entender que la mayoría de los argumentos expresados en el párrafo precedente en relación con la elección de tecnologías y la inversión en alta tecnología pueden utilizarse fácilmente en el contexto de este debate sobre la composición sectorial de la economía. No cabe duda de que un desarrollo equilibrado sería más deseable desde el punto de vista social, ya que evitaría las grandes oleadas migratorias o los altos costes del desempleo derivados de los rápidos cambios en la composición de la economía. No obstante, dado que las economías desean avanzar a tecnologías de vanguardia, no hay casi más alternativa que aceptar la espiral de la destrucción creativa, por lo menos mientras el mundo continúe siendo un puñado de naciones y regiones competitivas, tal y como ha venido sucediendo en el último milenio. La innovación es el epicentro de la dinámica schumpeteriana y, pese a que todos los sectores

realizan actividades innovadoras, la intensidad de estas actividades no está distribuida uniformemente por todos los sectores.

La bibliografía publicada en torno al proceso de acercamiento muestra que las naciones que han conseguido con más éxito progresar económicamente con rapidez, son aquellas que se han especializado en determinadas tecnologías y sectores. Como han señalado Fagerberg y Godinho (2005), la evidencia empírica existente confirma que «los países que han tenido más éxito en el proceso de acercamiento, es decir, Corea del Sur, Taiwán y Singapur (y Japón antes que ellos), se han centrado casi exclusivamente —después de haber adquirido en un principio algunas capacidades a través de actividades más tradicionales— en las industrias más avanzadas tecnológicamente del momento, y en las que hoy desempeñan un papel importante». La mayor complejidad de las tecnologías más novedosas en cada periodo histórico amplía a empresas y países innovadores las posibilidades de conseguir nichos de mercado con rentas monopolistas potenciales. Además de estos argumentos que se centran en aspectos del lado de la oferta, en el de la demanda el análisis también ha demostrado que las naciones se benefician de la especialización en algunos sectores y en otros no. Siguiendo la línea de estudio iniciada años antes sobre la teoría de la brecha tecnológica (Posner, 1961) y el enfoque del ciclo de vida (Vernon, 1966), Lafay (1982) demostró precisamente que las naciones especializadas en los productos y sectores cuya demanda internacional crece más deprisa, alcanzan también unos mejores índices de crecimiento económico.

Lo expuesto en el párrafo anterior sobre las ventajas de unas especializaciones sectoriales frente a otras no significa, sin embargo, que exista una especialización *óptima* para cada periodo de la historia. La especialización debe verse y tratarse como dependiente del contexto. La distribución de recursos es un factor determinante de especialización, como ha observado la teoría clásica del comercio. Por ejemplo, a

las economías bien dotadas de recursos —playas, sol, bosques o un valioso patrimonio monumental— les resulta ventajoso especializarse en servicios relacionados con el turismo. Sin duda, la geografía y las características de cada país, por su territorio, su población y el tamaño de su mercado, tienen importantes consecuencias en cuanto a las posibles especializaciones sectoriales. Sin embargo, los datos históricos dejan claro que las naciones en desarrollo (al menos las de mayor extensión) que deseen tener éxito no tienen más remedio que invertir en las tecnologías y en los sectores más dinámicos e innovadores.

Otra lección fundamental que se extrae de los corpus bibliográficos comentados es que la adopción y la creación con éxito de innovaciones en el mundo en desarrollo necesita un clima institucional paralelo; de no existir este, la inversión en acumulación tecnológica corre el riesgo de fracasar, como fracasó la inversión en bienes de equipo o en infraestructuras en contextos de desarrollo anteriores. Partiendo de su realidad histórica, los países necesitan desarrollar y adaptar sus instituciones a los retos de tratar con el conocimiento tecnológico que, a menudo, tiene un origen científico. Esto significa disponer de capacidad para organizar y fortalecer los sistemas nacionales de innovación, crear y mejorar canales de comunicación entre los actores implicados y, al mismo tiempo, fomentar la confianza necesaria a fin de que estas interacciones se intensifiquen también en cantidad y calidad.

Los recientes avances de países como China, India o Brasil se derivan en gran medida de su capacidad para levantar el edificio de sus sistemas nacionales de innovación. Cuando se trata de países más pequeños, sin embargo, esta tarea puede resultar más difícil, ya que carecen de la capacidad para constituir de igual modo masas capitales de recursos y no pueden beneficiarse de economías de escala dinámicas y de los efectos de la creación de redes para conseguir con eficacia un rendimiento adecuado de sus inversiones. Estos países podrían, en cambio, adoptar

estrategias tecnológicas diferentes que se centraran más en los recursos naturales o en estrategias orientadas al servicio, y no en las clásicas estrategias industrializadoras, integrándose al mismo tiempo en las redes globales de conocimiento para poder seleccionar las fuentes de tecnología que necesitan.

Un aspecto que ha cambiado drásticamente en las dos últimas décadas en relación con la innovación y el desarrollo económico ha sido la geografía global de la actividad de I+D. Si hace veinte años la I+D desarrollada por las multinacionales se concentraba casi exclusivamente en sus países de origen, en la actualidad la situación ha variado significativamente, produciéndose un grado de deslocalización de la I+D hacia terceros países no visto hasta ahora. Otro aspecto que también ha cambiado de manera extraordinaria ha sido la organización internacional de los sistemas de derecho de propiedad intelectual e industrial (DPI). El Acuerdo TRIPS (sobre los aspectos de los derechos de propiedad intelectual relacionados con el comercio) fue introducido como anexo al tratado fundacional de la OMC y, por ese motivo, casi todos los países del mundo han quedado —o van a quedar próximamente— sujetos a una normativa común para la regulación de los DPI. Es interesante destacar a este respecto que países como India y Brasil (y, en menor medida, también China), que se opusieron en su día a algunas de las condiciones de este acuerdo, se encuentran hoy entre los países en los que la utilización nacional de la propiedad industrial está creciendo más rápido. Como han observado Godinho y Ferreira (2010), «tanto China como India han experimentado un despeque histórico en el uso de los DPI. En cuanto a solicitudes presentadas a la Oficina de Patentes y Marcas, los datos muestran que en 2009 China fue el país del mundo con mayor número de solicitudes de marcas, e India estuvo entre los principales, solo detrás de Estados Unidos, Japón y la República de Corea. En solicitudes de patentes, China fue el tercer país del mundo con mayor número e India el noveno». Brasil está

“Los países tienen que disponer de capacidad para organizar y fortalecer los sistemas nacionales de innovación, crear y mejorar canales de comunicación entre los actores implicados y, al mismo tiempo, fomentar la confianza necesaria a fin de que estas interacciones se intensifiquen también en cantidad y calidad”

utilizando también intensamente el sistema de marcas y patentes y, aunque en esta segunda modalidad de protección no se encuentra todavía entre las diez naciones más importantes del mundo, en la primera fue el tercer país del mundo a finales de 2009.

Las tendencias observadas en esta clase de indicadores apuntan a dos aspectos diferentes que conviene tener en cuenta para el debate futuro sobre innovación y desarrollo. El primero es que la innovación está pasando a ser claramente una parte fundamental de los procesos de desarrollo de las economías emergentes, del mismo modo que sucedió con anterioridad en otros casos de acercamiento con éxito. El segundo, que, en la actualidad, las economías en desarrollo no deben mirar solo hacia dentro si desean progresar en su desarrollo económico. Al contrario, si bien deben tener en cuenta las condiciones internas, han de buscar exhaustivamente

unas fuentes adecuadas de conocimiento técnico, aprender a beneficiarse de la participación en redes de conocimiento, competir por atraer IED en I+D y adaptarse de manera creativa a las complejidades de los marcos institucionales globales, como los DPI.

Naturalmente, al tiempo que la innovación se convierte en componente fundamental del desarrollo económico, como está sucediendo en China, India y otros países emergentes, los países en desarrollo deberán elaborar políticas que sepan hacer frente a los desbordamientos medioambientales y a las olas schumpeterianas de *destrucción creativa*. Los estudios realizados en la última década muestran precisamente cómo la aceleración de la actividad innovadora ha incrementado la concentración de rentas en las economías desarrolladas desde los años ochenta (Levy y Murnane, 2007). Efectos similares podrían esperarse también en las economías en desarrollo si no se aplican políticas adecuadas que aglutinen la innovación más avanzada y la denominada *innovación para pobres*.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMOVITZ, M. (1986), «Catching up, forging ahead, and falling behind», *Journal of Economic History* 46(2), pp.385-406.
- AMIN, S. (1973), *Le Développement Inégal: Essai sur les Formations Sociales du Capitalisme Périphérique*, París: Éditions de Minuit.
- AROCENA, R., y J. SUTZ (2000), «Looking at national systems of innovation from the South», *Industry and Innovation*, 7(1): pp. 55-75.
- BARRO, R. J. (1991), «Economic Growth in a Cross Section of Countries», *The Quarterly Journal of Economics* 106(2), pp. 407-443.
- BARRO, R. J., y X. SALA I MARTÍN (1992), «Convergence», *Journal of Political Economy* 100(2), pp. 223-251.
- BAUMOL, W. J. (1986), «Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long-run Data Show», *American Economic Review* 76(5), pp. 1072-1085.
- BELL, M., y M. ALBU (1999), «Knowledge Systems and Technological Dynamism in Industrial Clusters in Developing Countries», *World Development* 27(9), pp. 1715-1734.
- BELL, M., y K. PAVITT (1993), «Technological accumulation and industrial growth: Contrasts between developed and developing countries», *Industrial and Corporate Change* 2(2), pp. 157-209.
- BRAVERMAN, H. (1974), *Labor and Monopoly Capital*. Nueva York: Monthly Review Press.
- CHANG, H.-J. (2002), *Kicking Away the Ladder: Development Strategy in Historical Perspective*, Londres: Anthem Press.
- CHEN, S., y M. RAVALLION (2008), *The World is Poorer than We Thought, but No Less Successful in the Fight Against Poverty*, Banco Mundial. [Documento de trabajo en el área Policy Research 4703.]
- DAHLMAN, C. J., y F. V. FONSECA (1987), *From technological dependence to technological development: The case of Usiminas Steel Plant in Brazil*. Comisión Económica para América Latina, Buenos Aires.
- DOBB, M. (1951), «Some Aspects of Economic Development: Three Lectures», Delhi: Escuela de Economía de Delhi, Ranjit Publishers.
- DOMAR, E. (1946), «Capital Expansion, Rate of Growth, and Employment», *Econometrica*, 14, pp. 137-47.
- EDQUIST, C. (2004), «Systems of innovation - Perspectives and challenges», en J. Fagerberg, D. Mowery y R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford: Oxford University Press.
- ERNST, D. (2001), *Global Production Networks and Industrial Upgrading - A Knowledge-Centered Approach*, Economics Study Area.
- FAGERBERG, J. (1987), «A Technology Gap approach to why growth rates differ», *Research Policy* 16, pp. 87-99.
- FAGERBERG, J. (2005), «Innovation: A Guide to the Literature», en J. Fagerberg, D. Mowery y R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford: Oxford University Press.
- FAGERBERG, J., y M. M. GODINHO (2005), «Innovation and catching-up», en J. Fagerberg, D. Mowery y R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford: Oxford University Press.
- FAGERBERG, J., y B. VERSPAGEN (2002), «Technology-gaps, innovation-diffusion and transformation: an evolutionary interpretation», *Research Policy* 31(8-9), pp. 1291-1304.
- FRANK, A. G. (1975), *On Capitalist Underdevelopment*, Oxford University Press.
- FREEMAN, C. (1979), «The Determinants of Innovation: Market Demand, Technology and the Response to Social Problems», *Futures*, 11(3), pp. 206-215.
- FREEMAN, C. (1987), *Technology, policy, and economic performance: lessons from Japan*, Londres, Nueva York: Pinter.
- FREEMAN, C. (1995), «The 'National System of Innovation' in historical perspective», *Cambridge Journal of Economics* 19(1), pp. 5-24.
- FURTADO, C. (1973), «The Concept of External Dependence in the Study of Underdevelopment», en Wilber (ed.), *Political Economy of Development and Underdevelopment*.
- GEREFFI, G., J. HUMPHREY y T. STURGEON (2005), «The governance of global value chains», *Review of International Political Economy* 12(1).
- GRSCHEKRON, A. (1962), *Economic Backwardness in Historical Perspective*, Cambridge, MA: The Belknap Press.
- GHAZI, S. S., y G. DUSTYERS (2009), «Serving Low-income Markets: Rethinking MNCs strategies», en G. Duysters, W. Dolfsma e I. Costa (eds.), *Multinationals and Emerging Economies: the Quest for Innovation and Sustainability*, Londres: Edward Elgar.
- GODINHO, M. M., y V. FERREIRA (2010), «Analyzing the evidence of a IPR take-off in China and India», ponencia presentada en la VII Conferencia Internacional de ASIALICS, *Recesión Global y Reforma de los Sistemas de Innovación en Asia*, 15-17 abril, Taipei.
- GU, S., y B.-Å. LUNDVALL (2006a), «Policy learning as a key process in the transformation of the Chinese Innovation Systems», en B.-Å. Lundvall, P. Intarakurumend y J. Vang (eds.), *Asian Innovation Systems in Transition*. Londres: Edward Elgar.
- GU, S. y B.-Å. LUNDVALL (2006b), «China's Innovation System and the Move Toward Harmonious Growth and Endogenous Innovation», *Innovation, Management, Policy and Practice* 8(1/2), pp. 1-26.
- HARROD, R. F. (1948), *Toward a Dynamic Economics: Some Recent Developments of Economic Theory and Their Application to Policy*, Londres: Macmillan.
- HIRSHMAN, A. O. (1958), *The Strategy of Economic Development*, New Haven, CO: Yale University Press.
- HOBDAV, M. (2000), «East versus Southeast Asian Innovation Systems: Comparing OEM- and TNC-led Growth in Electronics», en L. Kim y R. Nelson (eds.), *Technology, Learning & Innovation: Experiences of Newly Industrializing Economies*, Cambridge: Cambridge University Press.
- JOSEPH, K. J. (2006), *Information Technology, Innovation System and Trade Regime in Developing Countries: India and the ASEAN*, Londres y Nueva York: Palgrave Macmillan.
- KALDOR, N. (1966), *Causes of the Slow Rate of Economic Growth of the United Kingdom: An Inaugural Lecture*, Londres: Cambridge University Press.
- KAPLINSKY, R. (2005), *Globalization, Poverty and Inequality: Between a Rock and a Hard Place*, Cambridge: Polity.
- KATZ, J. (1985), «Domestic technology innovations and dynamic comparative advantages: Further reflections on a comparative case-study program», en N. Rosenberg y C. Frishtack (eds.), *International Technology Transfer: Concepts, Measures and Comparisons*, Nueva York: Praeger.
- KLINE, J., y N. ROSENBERG (1986), «An Overview of Innovation», en R. Landau y N. Rosenberg (eds.), *The Positive Sum Strategies: Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington DC: National Academic Press.
- LAFAY, G. (1982), «Stratégies de Spécialization ou Division Internationale du Travail», en J. Reiffers (ed.), *Économie et Finance Internationales*, París: Dunod.
- LALL, S. (1996), *Learning from the Asian Tigers*, Basingstoke: Macmillan.
- LANDES, D. (1969), *The Unbound Prometheus: Technological Change and Industrial Development in Western Europe From 1750 to the Present*, Cambridge University Press.
- LANDES, D. (1998), «Wealth and Poverty of Nations: Why Some Are So Rich and Some So Poor», Nueva York: W.W. Norton.
- LASTRES, H., y J. CASSIOLATO (2005), «Innovation Systems and Local Productive Arrangements: new strategies to promote the generation, acquisition and diffusion of knowledge. In Innovation and Economic Development», 7(2), número especial. *Innovation: Management, Policy & Practice*.
- LASTRES, H., J. CASSIOLATO y M. MACIEL (2003), «Systems of innovation for development in the knowledge Era», en J. Cassiolato, H. Lastres y M. Maciel (eds.), *Systems of Innovation and Development: Evidence from Brazil*, Cheltenham: Elgar, 2003.
- LEHNER, F. (1992), *Anthropocentric Production Systems: The European Response to Advanced Manufacturing and Globalization*, Bruselas: CEC, DGXII-Monitor/FAST.
- LEVY, F., y R. J. MURNANE (2007), «How computerised work and globalisation shape human skill demands», en M. M. Suárez-Orozco (ed.), *Learning in the Global Era: International Perspectives on Globalization and Education*, Berkeley, CA: University of California Press.
- LEWIS, A. (1954), «Economic Development with Unlimited Supplies of Labor», *Manchester School of Economic and Social Studies* 22, pp. 139-191.
- LIM, C., S.-H. HAN y H. ITO (2009), «Disruptive innovation by a developing country firm: product development processes without strong technological prowess in Tata Motor's Nano», ponencia presentada en la VII Conferencia Internacional de ASIALICS:

- Recesión Global y Reforma de los Sistemas de Innovación en Asia*, Taipei, 15-17 de abril.
- LIU, X., y S. WHITE (2001), «Comparing innovation systems: a framework and application to China's transitional context», *Research Policy* 30(7), pp. 1091 y ss.
- LUCAS, R. Jr. (1988), «On the mechanics of economic development», *Journal of Monetary Economics* 22(1), pp. 3-42.
- LUNDVALL, B.-Å. (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Londres: Pinter.
- LUNDVALL, B.-Å. et al. (2009), «Bridging Innovation System Research and Development Studies: challenges and research opportunities», ponencia presentada en la VI Conferencia Internacional de GLOBELICS, Dakar (Senegal), 6-8 de octubre.
- MALERBA, F. (2002), «Sectoral systems of innovation and production», *Research Policy* 31(2), pp. 247-264.
- MEADOWS, D. H. et al. (1972), *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*, Universe Books.
- MOWERY, D. y N. ROSENBERG (1979), «The influence of market demand upon innovation: a critical review of some empirical studies», *Research Policy* 8, pp. 102-153.
- NELSON, R. R. (1993), *National Systems of Innovation: A comparative Analysis*, Oxford: Oxford University Press.
- NOBLE, D. (1977), *America by Design*, Nueva York: Knopf.
- NORTH, D. (1981), *Structure and Change in Economic History*, Nueva York: W. W. Norton.
- NORTH, D. (1990), *Institutions, Institutional Change and Economic Performance*. Cambridge University Press.
- NURKSE, R. (1953), *Problems of Capital Formation in Underdeveloped Countries*. Oxford, Blackwell.
- OYELARAN-OYEYINKA, B. (2006), «Systems of Innovation and Underdevelopment: An Institutional Perspective», *Science, Technology and Society* 11(2), p. 239.
- PAVITT, K. (1985), «Technology transfer among the industrially advanced countries: An overview», en N. Rosenberg y C. Frisack (eds.), *International Technology Transfer: Concepts, Measures and Comparisons*, Nueva York: Praeger.
- PÉREZ, C. y L. SOETE (1988), «Catching-up in technology», en G. Dosi, C. Freeman, R. Nelson, G. Silverberg y L. Soete (eds.), *Technical Change and Economic Theory*, Londres: Pinter.
- PINKOVSKIY, M. y X. SALA I MARTÍN (2009), *Parametric Estimations of the World Distribution of Income*. Documento de trabajo de NBER 15433.
- POSNER, M. (1961), «International Trade and Technological change», *Oxford Economic Papers* 13, pp. 323-341.
- PRAHALAD, C. K. (2004), *The Fortune on the Bottom of the Pyramid: Eradicating Poverty Through Profits*, Upper Saddle River, NJ: Wharton School.
- PREBISCH, R. (1950), *The Economic Development of Latin America and Some of Its Problems*, Nueva York: ECLA/CEPAL.
- RAMANI, S., S. SADRE GHAZI y G. DUYSTERS (2009), «Taking Innovation to the poor: Lessons from sanitation activists in India», ponencia presentada en VI Conferencia Internacional de GLOBELICS, Dakar, 6-8 de octubre.
- QUAH, D. (1993) «Empirical cross-section dynamics in economic growth», *European Economic Review* 37(2-3), pp. 426-434.
- RANGAN, V. K., et al. (2007) *Business Solutions for the Global Poor: Creating Social and Economic Value*, John Wiley & Sons.
- RODRICK, D. (2007), *One Economics Many Recipes: Globalization, Institutions, and Economic Growth*, Princeton: Princeton University Press.
- RÖSENSTEIN-RODAN, P. N. (1943), «The Problems of Industrialisation of Eastern and South-Eastern Europe», *The Economic Journal*.
- RÖSTOW, W. W. (1960), *The Stages of Economic Growth*, Cambridge: University Press.
- SALA I MARTÍN, X. (2006), «The World Distribution of Income: Falling Poverty and Convergence Period», *Quarterly Journal of Economics* 2, pp. 351-397.
- SCHMOOKLER, J. (1966), *Invention and Economic Growth*, Boston MA: Harvard University Press.
- SCHUMACHER, E. F. (1973), *Small Is Beautiful: A Study of Economics As If People Mattered*, Vintage. Existe versión española: *Lo pequeño es hermoso*, Madrid: Hermann Blume.
- SCHUMPETER, J. A. (1912), *The Theory of Economic Development*, Leipzig: Duncker and Humblot. Traducción de R. Opie, Harvard University Press, 1934. Reedición: Oxford University Press, 1961. Existe versión española, *Teoría del desenvolvimiento económico*. México: Fondo de Cultura Económica.
- SEERS, D. (1969), «The Meaning of Development. International», *Development Review* 11(4), pp. 3-4.
- SEN, A. (1980), «Equality of What?», *The Tanner Lecture on Human Values*, vol. I, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 197-220.
- SHIVA, V. (1992), *The Violence of the Green Revolution: Third World Agriculture, Ecology and Politics*, Nueva Jersey: Zed. Books.
- SHIVA, V. (2000), *Stolen Harvest: The Hijacking of the Global Food Supply*, Cambridge: South End Press.
- SINGER, H. W. (1958 [1952]), «The mechanics of economic development», en Agarwala y Singh (eds.).
- STEWART, F. (1978), *Technology and Underdevelopment*, Londres: Macmillan.
- VEBLEN, T. (1915), *Imperial Germany and the industrial revolution*, Nueva York: Macmillan.
- VERNON, R. (1966), «International investment and international trade in the product cycle», *Quarterly Journal of Economics* 80(2).
- VIOTTI, E. (2002), «National Learning Systems: A new approach on technological change in late industrialising economies and evidences from the cases of Brazil and South Korea», *Technological Forecasting & Social Change* 69, pp. 653-680.
- WADE, R. (1990), *Governing the Market: Economic Theory and the Role of Government in East Asian Industrialization*, Princeton: Princeton University Press.

BBVA

La innovación y la economía de los servicios

Ian Miles

Manchester Business School,
University of Manchester

El objeto de este trabajo es abordar los conceptos de *innovación en el sector servicios* y de *innovación en materia de servicios*. Cuando hablamos de *innovación en el sector servicios*, nos estamos refiriendo a la innovación de productos y procesos en las empresas, los sectores y las industrias de servicios, lo que puede implicar el desarrollo de servicios nuevos o mejorados. Por su parte, la *innovación en materia de servicios* trata específicamente de la creación de nuevos servicios, aunque en este caso pueden estar implicadas organizaciones prestatarias de servicios pertenecientes a cualquiera de los sectores económicos. Ambos conceptos tienen significados diferentes debido, en primer lugar, a que el término *servicio* puede hacer referencia al producto objeto del servicio o bien a las industrias que se especializan en tales productos y, en segundo lugar, a que los productos objeto de servicios pueden haber sido generados por organizaciones no especializadas en este ámbito. Así, las empresas manufactureras pueden prestar todo tipo de servicios de atención al cliente y posventa.

Ambos conceptos afectan a cuestiones que durante mucho tiempo fueron escasamente tratadas por los investigadores sociales y de administración de empresas, pero que han sido objeto de atención creciente desde los años ochenta

y sobre todo desde los noventa. En el cuadro 1 se ofrecen datos sobre la utilización de algunas nociones en títulos de publicaciones. Los resultados obtenidos son realmente llamativos y ponen de manifiesto un sorprendente aumento de la atención prestada a estos temas. El notable aumento del uso del concepto *innovación en materia de servicios* durante los últimos años refleja en parte el empleo de esta noción en la búsqueda bibliográfica y en diversos contextos informáticos. Cuando empezaron a surgir los primeros estudios sobre innovación (solo en 1970, casi trescientas publicaciones incluían en sus títulos el término *innovación*, y en 1975, casi quinientas), estos estaban fundamentalmente concentrados en la innovación correspondiente a las industrias manufactureras. Podemos también encontrar algunos estudios anteriores sobre innovación en materia de salud y de gobierno local, por ejemplo, pero pocas veces se prestaba mucha atención a los servicios en su conjunto, o incluso a una amplia gama de tipos de empresas de servicios. La industria manufacturera constituía el paradigma para el análisis de la innovación, por lo que las empresas de servicios se consideraban atípicas y escasamente innovadoras. En los casos en que existían servicios basados en nuevas tecnologías —como las telecomunicaciones o incluso la sanidad—, se consideraba que la

fuente principal de innovación procedía de las industrias manufactureras, como la electrónica o la farmacéutica. Las empresas y las organizaciones de servicios eran en gran medida receptoras pasivas de dichas innovaciones. Así, en la clasificación hecha por Pavitt (1984) de modalidades de innovación industrial, se consideraba que las empresas de servicios estaban todas «impulsadas por los proveedores», aunque en los años noventa este autor modificó su opinión (Pavitt, 1994).

El aumento del interés en la innovación relativa a los servicios ha estado motivado por la mayor importancia de estos en las sociedades industriales y en todo el mundo, así como por el énfasis puesto en los servicios con relación a la competitividad de todas las clases de empresas. Los últimos estudios publicados se basan en muchas fuentes, incluidas las pautas anteriores de trabajo en cuanto a la organización y comercialización de servicios, como indicaremos más adelante. Algunos investigadores hacen hincapié en las relaciones lógicas entre la innovación en servicios y las industrias manufactureras (este es precisamente el caso de los estudios que utilizan encuestas a gran escala), mientras

que otros destacan las características distintivas de la innovación en el sector servicios (lo que es especialmente evidente en la investigación basada en estudios de casos prácticos). Gallouj (1998) y Coombs y Miles (2000) han dado dos explicaciones bastante similares de estos diversos enfoques. Ambas indican que los enfoques respecto a la innovación en materia de servicios pueden clasificarse adecuadamente en tres grupos, dando incluso el mismo nombre a dos de ellos. Esas clasificaciones han sido adoptadas por varios especialistas posteriores, aunque en una perspectiva general sobre estudios de innovación en materia de servicios Droege *et al.* (2009) aseguraban que las dos clasificaciones en realidad permiten ofrecer cuatro enfoques en total, a saber:

- Enfoques de *asimilación* (mencionados por Coombs y Miles). La idea básica es que la mayoría de los atributos económicos de los servicios es fundamentalmente similar a los de los sectores manufactureros. Las diferencias existentes son más una cuestión de ubicación cuantitativa —a menudo relativamente de poca importancia— en uno u otro proceso global. Tanto los servicios como la industria

Cuadro 1. Publicaciones encontradas según los conceptos de búsqueda utilizados

AÑOS	Expresiones buscadas en títulos de documentos			
	Innovación en servicios	Innovación en el sector servicios	Innovación en materia de servicios	Desarrollo de nuevos servicios (NSD)
1975-1979	0	0	1	0
1980-1984	2	0	5	1
1985-1989	3	6	2	9
1990-1994	5	5	4	6
1995-1999	12	45	20	12
2000-2004	24	92	83	69
2005-2009	57	99	417	81

Fuente: Datos elaborados a partir del uso de las expresiones mencionadas en distintos periodos en la obra de Harzing titulada *Publish or Perish* (Harzing, 2010), que permite realizar búsquedas en todos los tipos de publicaciones y examinar solo las palabras del título. Como se han tomado medidas para evitar duplicaciones al examinar los títulos y los autores de los documentos (aunque esto ha influido mucho en algunos casos, sobre todo en los años con pocas publicaciones), las tendencias generales no se han visto afectadas. Existe un cierto solapamiento entre casos en las diversas columnas, lo cual a veces refleja que se utiliza más de uno de los conceptos; otras veces, la herramienta de búsqueda no logra diferenciar entre las expresiones. Como el concepto «innovación en materia de servicios» a menudo encuentra respuestas cuando se utilizan formulaciones que comienzan por «innovación en», los datos de la cuarta columna aparecen con la palabra «en» eliminada del título.

- manufacturera pueden estudiarse efectivamente y documentarse estadísticamente de conformidad con los métodos y los conceptos creados para esta última. Estos enfoques suponen que las teorías y los conceptos creados en contextos de fabricación son inmediatamente aplicables a la innovación en el sector servicios. Así, la innovación puede medirse de manera análoga, y es probable que se genere y gestione de modos similares. Las diferencias son reflejo de que los servicios suelen ir retrasados con respecto a otros sectores. Este enfoque es evidente en muchos de los anteriores estudios estadísticos sobre la innovación en el sector servicios que incluían datos de las Encuestas Comunitarias sobre Innovación (CIS). Por lo común, esos estudios no mostraban diferencias importantes en el modo en que las empresas manufactureras y las de servicios comienzan a innovar. Una opinión similar es defendida en muchas de las explicaciones más generalizadas sobre asuntos como el comercio y la productividad, en las que se sostiene que los instrumentos existentes serán perfectamente válidos para describir la economía relativa a los servicios.
- Enfoques de *tecnólogos* (mencionados por Gallouj. En la obra de Gallouj y Savona [2010], el primero afirma que en realidad coinciden con los del enfoque de asimilación de Coombs y Miles, pese a que Droege *et al.* (2009) consideran que ambos enfoques son diferentes). En este caso, el énfasis se pone en la importante función que desempeñan las nuevas tecnologías —especialmente las de la información— en los servicios. Gallouj y Savona piensan que esto lleva a una asimilación de ideas procedentes de estudios sobre innovación en el sector manufacturero, que también suelen hacer hincapié en la innovación tecnológica. Sin embargo, algunos autores han puesto énfasis en la innovación tecnológica, aunque sostienen que la trayectoria de la innovación en materia de servicios es inconfundible. Por ejemplo, el «ciclo inverso del producto» propuesto por Barras (1986, 1990) implica que las organizaciones de servicios siguen una trayectoria distintiva de innovación basada en la tecnología, comenzando con la aplicación de nuevas tecnologías para lograr que la producción de servicios sea más eficaz y finalizando con la creación de nuevos servicios. Este énfasis en la tecnología puede asemejarse al de muchos asimilacionistas, pero el resultado final se parece más al del enfoque de demarcación que exponemos a continuación.
 - Los enfoques de *demarcación* (mencionados por los dos grupos de autores) sostienen que las actividades en materia de servicios son enormemente distintivas. Es posible que todavía no se entiendan muy bien, pero lo que es obvio es que en muchos aspectos su dinámica y sus características requieren teorías e instrumentos nuevos. Este enfoque aparece en muchos estudios de casos prácticos de actividades asociadas a servicios. Por un lado, indica que es necesario contar con instrumentos bastante nuevos para la investigación de actividades relativas a servicios, o bien que los resultados de los instrumentos existentes deben interpretarse de modos distintos. Por ejemplo, como los servicios exigen poca I+D (en conjunto), la intensidad de I+D es un indicador deficiente para la determinación de servicios de *alta tecnología* o *intensivos en conocimiento*, por lo cual es necesario elaborar nuevos planteamientos (por ejemplo, los perfiles de las competencias de la mano de obra); como una gran parte de la internacionalización de los servicios se manifiesta en forma de inversión, franquicias y acuerdos de colaboración en vez de en exportaciones convencionales, el análisis del *comercio* de servicios debe prestar más atención a esas manifestaciones. Entre las características peculiares de los servicios se incluye ser productos intangibles y no almacenables, así como poseer un elevado grado de interacción con los clientes (hasta el punto de considerarse frecuentemente a estos como

coproductores de los servicios). Estas características no significan solamente que las empresas de servicios estén retrasadas en cuanto a la innovación, sino también que sus clases de innovación y sus procesos de gestión de la innovación son muy distintos de los del sector manufacturero. Otros argumentos a favor de la demarcación también se encuentran en muchos de los estudios sobre comercialización de servicios, así como en algunos análisis de la productividad que muestran la existencia de problemas específicos a la hora de evaluar la productividad de los servicios de manera convencional, por ejemplo, Gadrey, 2002 (Grönroosa y Ojasalo, 2004).

- Los enfoques de *síntesis* (mencionados por los dos grupos de autores) aceptan que los estudios sobre servicios permiten llevar a la palestra asuntos que requieren un examen adicional. Ahora bien, se basan en la idea de que no son exclusivos de las empresas y organizaciones de servicios. Así, los estudios sobre innovación en materia de servicios han destacado peculiaridades de la innovación que no habían sido tomadas en consideración en la mayoría de los trabajos sobre la misma en las industrias manufactureras, argumentando que un análisis exhaustivo y unos indicadores más adecuados pueden ofrecer una mejor comprensión de la innovación en toda la economía, que abarque no solo las actividades de servicios de las empresas manufactureras, sino que tenga también en cuenta las variaciones en todos los procesos de innovación de bienes y servicios.

Resulta muy prometedora la idea de que es posible lograr una síntesis de enfoques con respecto a la innovación en el sector manufacturero y en el de servicios. Ello se debe a que, en realidad, muchas empresas manufactureras venden servicios y también bienes, y además todas ellas crean algunos servicios para uso interno o externo. Es probable que la innovación en esas actividades de servicios difiera de las innovaciones convencionales en materia de procesos y fabricación de

productos; por ejemplo, es posible que el portal web de una empresa manufacturera se desarrolle de modo análogo al de una empresa de servicios y plantee el mismo tipo de problemas.

Además, podría decirse que, en muchos aspectos, existe una cierta convergencia entre el sector manufacturero y el de servicios (Miles, 1993), una de cuyas manifestaciones sería lograr que la fabricación se asemeje más a la idea tradicional que se tiene de los servicios (por ejemplo, la producción de artículos más personalizados o el mantenimiento de relaciones más estrechas con los clientes). Al mismo tiempo, muchos servicios se parecen cada vez más a la producción tradicional (por ejemplo, la producción normalizada y en serie de servicios por las grandes empresas).

Otra manifestación de esa convergencia podría ser el mayor énfasis puesto en los servicios por parte de los fabricantes. Así, Howells (2001) es solo uno de los muchos investigadores actuales que han estudiado la *serviciación* de las empresas manufactureras (y de extracción). A dicho efecto, pueden consultarse el estudio basado en encuestas de Avadikyan y Lhuillery (2007) y el examen de las estrategias en materia de bienes y servicios de pequeñas y medianas empresas hecho por Susman y otros autores (2006), además de muchos otros recientes estudios generales sobre los procesos de *serviciación*. Habitualmente, ello implica la prestación de servicios asociados a los bienes que producen o a sus procesos de producción. En el primer caso, los nuevos servicios pueden ser *servicios de productos* como la asistencia posventa u otros modos de redefinir el producto vendido para incluir servicios —o incluso para consistir en ellos—, en vez de tratarse solo de entregar un artefacto material. Unas veces la *serviciación* exige complementar el producto con servicios como financiación, seguros, mantenimiento, *software*, etc; otras implica realizar un cambio para centrarse en los servicios, por medio del cual la empresa ofrece a sus clientes los resultados que el propio producto habría generado, de forma que la empresa

puede vender un volumen concreto de servicios en lugar de vender —o incluso de arrendar— el producto. Dos ejemplos en este sentido podrían ser la conocida contratación a Rolls-Royce para ofrecer horas de vuelo en lugar de motores de avión y las actividades de empresas informáticas destinadas a vender servicios de computación *en la nube* en lugar de los propios equipos informáticos. Es probable que estas estrategias de serviciación influyan en los ritmos de innovación, a medida que los costes se internalizan y externalizan por los socios. El fabricante deberá prestar más atención a los modos en que se consumen sus productos (por ejemplo, mediante el control de su uso con nuevos sensores y *software*) y, a su vez, esto podría promover nuevos servicios asociados a los productos que ofrezcan asistencia a los clientes y servicios de mantenimiento y eliminación de los equipos.

Incluso sin los fenómenos de convergencia y serviciación, el enfoque de síntesis estaría a favor de la realización de estudios comparativos de (varios) sectores manufactureros y de servicios, así como del examen de las actividades de servicios de los sectores manufactureros, aunque esto no implica en absoluto que no sea necesario hacer un examen más pormenorizado de la innovación en el sector servicios y de la innovación en materia de servicios. Más bien, los asuntos tratados en esos estudios deberían analizarse en función de su importancia potencial en el conjunto de la economía.

SERVICIOS: DIVERSIDAD Y ELEMENTOS COMUNES

Al igual que la innovación en materia de servicios fue durante mucho tiempo ignorada en los estudios sobre innovación, los diversos componentes del sector servicios fueron también descuidados en los análisis económicos y, en especial, en el desarrollo de la estadística económica. Así, durante mucho tiempo existió muy poca información disponible acerca del *sector terciario* (a veces denominado también *sector residual*). Incluso ahora, muchas veces los datos estadísticos son escasos, aunque ya se está haciendo

frente a esta situación en muchos países y organizaciones internacionales por parte de expertos estadísticos, uno de cuyos logros ha sido el establecimiento de una clasificación mucho más pormenorizada de las industrias de servicios. Así, en el cuadro 2 ofrecemos una idea general de la estructura actual de alto nivel de las clasificaciones industriales normalizadas (NACE, revisión 2), en la que las industrias de servicios se incluyen en las secciones de la G a la R¹ (el término *sección* es el utilizado por los estadísticos por ser menos ambiguo que el de *sector*).

Esta clasificación estadística muestra la gama de actividades cubierta por las secciones correspondientes a los servicios. Algunos servicios consisten en almacenar, transportar y reparar productos, mientras que los servicios de hostelería también pueden preparar comidas a partir de materias primas. Algunos servicios están directamente dirigidos a las personas, como la educación, la sanidad, la peluquería y otros servicios personales. Otros están mucho más centrados en el procesado de la información, difundirla como ocurre con los servicios de telecomunicación; creando nuevos conocimientos, como en los servicios de estudio, y aplicando los conocimientos para uso empresarial o personal, como ocurre con los servicios profesionales.

Esta amplia gama de actividades nos indica ya que podríamos encontrar diferentes tipos de innovación en los distintos sectores; así, por ejemplo, las innovaciones quirúrgicas o farmacéuticas pueden ser importantes para los hospitales pero no para los supermercados u hoteles, y los nuevos productos financieros pueden tener muy poca relevancia para los centros deportivos o los talleres mecánicos. Todas estas secciones están vinculadas a muy distintas clases de actividades, por lo que podrían promover innovaciones muy diferentes: algunas de ellas impulsadas por los proveedores, mientras que otras podrían ser producto de las propias empresas. Además, existen importantes divergencias en cuanto al modo en que las secciones suelen estar organizadas. Muchas de ellas están dominadas por

¹ En realidad, en la sección T se incluyen las actividades de los hogares como empleadores de personal doméstico, que tradicionalmente han sido una de las principales modalidades de empleo de servicios (*servicio doméstico*, servicios de hogar).

empresas más pequeñas de lo que es corriente en la industria manufacturera, y también existen muchas microempresas con un número muy reducido de empleados en muchos servicios (comercios familiares, artistas autónomos, consultores y contables). No obstante, algunas secciones están dominadas por organizaciones más grandes; por ejemplo, habitualmente los servicios financieros están formados por empresas más grandes, y los servicios públicos, como la sanidad y la educación, pueden ser enormes (solo el Servicio Nacional de Salud de Reino Unido da empleo a alrededor de un millón y medio de personas en 2010). El perfil laboral de las secciones también difiere mucho: algunos sectores poseen un porcentaje muy elevado de trabajadores no cualificados, mientras que otros son los más intensivos en conocimiento de la economía

(al menos en cuanto a formación académica). En lo que atañe a la investigación en materia de innovación, se ha prestado especial atención a dos de las últimas secciones de servicios, en concreto a los servicios públicos (secciones O, P y Q de la NACE) y a los servicios empresariales intensivos en conocimiento (SEIC), que se corresponden principalmente con la sección M de la NACE. Por el contrario, merece la pena observar que las explicaciones anteriores del crecimiento supuestamente bajo de la productividad de los servicios se asociaba al carácter poco cualificado de muchos de los sectores (por ejemplo, Fuchs, 1968). También existen diferencias en cuanto a los mercados a los que van dirigidos los servicios: consumidores, empresas y autoridades públicas (para más documentación sobre estas divergencias, véase la obra de Miles, 2008).

Cuadro 2. Estructura general de la NACE Rev. 2 (NACE es el acrónimo de «Nomenclatura estadística de Actividades Económicas de la Comunidad Europea»)

Sección	Título
A -	Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca
B -	Industrias extractivas
C -	Industria manufacturera
D -	Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado
E -	Suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación
F -	Construcción
G -	Comercio al por mayor y al por menor; reparación de vehículos de motor y motocicletas
H -	Transporte y almacenamiento
I -	Hostelería
J -	Información y comunicaciones
K -	Actividades financieras y de seguros
L -	Actividades inmobiliarias
M -	Actividades profesionales, científicas y técnicas
N -	Actividades administrativas y servicios auxiliares
O -	Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria
P -	Educación
Q -	Actividades sanitarias y de servicios sociales
R -	Actividades artísticas, recreativas y de entretenimiento
S -	Otros servicios
T -	Actividades de los hogares como empleadores de personal doméstico; actividades de los hogares como productores de bienes y servicios para uso propio
U -	Actividades de organizaciones y organismos extraterritoriales

Fuente: Eurostat (2008)

Howells (2010) afirma incluso que está surgiendo un enfoque «segmentalista» con respecto a la innovación en el sector servicios, lo que reflejaría la diversidad de servicios y de modalidades de innovación e impediría el análisis de los servicios en su conjunto. Aun el análisis superficial de los estudios en materia de servicios pondría seguramente de relieve que, por cada generalización que se efectúe respecto a esas actividades, habría muchísimas excepciones; por ejemplo: los servicios solo crean productos intangibles (¿qué pasaría entonces con los empastes dentales?); los servicios no pueden almacenarse (¿qué pasaría entonces con las páginas web o el *software* informático?), o bien los servicios son coproducidos por sus clientes (¿qué pasaría entonces con los programas de televisión?), etc. Ahora bien, algunas características son comunes a muchos servicios, incluso aunque existan muchas excepciones. Merece la pena tomar en consideración dichos elementos comunes, ya que ponen al descubierto características sociales y económicas bastante distintas de las habituales en la industria manufacturera, cuyas implicaciones en la innovación son significativas.

Hay muchos modos de conceptualizar las diferencias entre la industria manufacturera y los servicios —véase una amplia lista en este sentido en la obra de Miles (1993)—, aunque existen dos características interrelacionadas en las que todos ellos se basan. La primera es la *intangibilidad* del producto de los servicios. Mientras que la industria manufacturera se dedica a producir bienes, los servicios se dedican a hacer cosas, esto es a modificar la situación de las personas, los aparatos, los símbolos, etc. (o a reducir las modificaciones en dicha situación). La intangibilidad está asociada a algunos atributos de los productos y procesos de los servicios, como la dificultad de almacenarlos o transportarlos, los problemas de patentar las innovaciones en materia de servicios y la dificultad de demostrar el servicio antes de su adquisición. Este último aspecto explica la necesidad de reglamentación de

muchos servicios, así como el reto al que puede enfrentarse el prestatario del servicio cuando trata de convencer a los clientes acerca de la superioridad de servicios innovadores.

Como expusimos anteriormente, algunos servicios ofrecen resultados bastante tangibles. Sin embargo, comúnmente los costes materiales del empaste dental o del disco óptico representan un pequeño porcentaje del coste del trabajo profesional necesario para adaptar el empaste o para crear los contenidos de información del disco. Por lo general, los aspectos menos tangibles del servicio son los más importantes y suelen ser difíciles de calcular por los compradores o clientes potenciales. Una consecuencia de esto es que muchas innovaciones de organizaciones de servicios implican la incorporación de elementos más tangibles al servicio (tarjetas de fidelidad, por ejemplo), mientras que otras entrañan la creación de productos de demostración (discos, avances de películas, pruebas gratuitas) o bien la certificación por diversos medios (normas de calidad, afiliación a organizaciones profesionales, etc.).

La segunda característica principal de los servicios es su *interactividad*, concepto que en algunos estudios se denomina «intensidad del cliente» (Gartner y Reissman, 1974) o *servucción* (Eiglier y Langeard, 1987), y mediante el cual se pone de relieve el alto grado de relación, intercambio y *contacto físico* que existe en la mayoría de los servicios (Miles, 2005). Resulta útil pensar que el cliente coproduce el servicio, especialmente debido a que ello implica que la innovación en materia de servicios —si no necesariamente la innovación en organizaciones de servicios— probablemente exige aprendizaje y modificaciones conductuales por parte del usuario y del prestatario real del servicio.

El alcance de la interactividad puede variar mucho de un caso a otro; así, cuando hablamos de servicios de consultoría, es posible que exista una discusión prolongada acerca del problema en sí mismo, un interrogatorio pormenorizado y observaciones por parte del consultor; que el

informe y las recomendaciones finales se presenten a través de muchos contactos personales y que estos se analicen y examinen detenidamente por el cliente. Por el contrario, un desplazamiento en autobús exige poco más que coger este en la parada, pagar el billete y ocupar un asiento hasta llegar al propio destino. Evidentemente, debemos tener en cuenta que las actividades de consultoría y los desplazamientos en autobús pueden también variar de muchos modos.

Existen muchas formas en que puede manifestarse la interactividad, por ejemplo:

- Como la interacción implica intercambios de información, hay muchas posibilidades de aplicar las nuevas tecnologías de la información; por ejemplo, mediante la utilización de presentaciones en formato PowerPoint por los consultores para apoyar su discurso, de pizarras electrónicas por parte de los docentes, o de cajeros automáticos o de servicios bancarios a través de Internet. Esas nuevas tecnologías están omnipresentes en las industrias de servicios y siguen siendo objeto de muchas innovaciones, en particular a medida que las organizaciones aprenden nuevos modos de mejorar los servicios mediante su aplicación.
- Una gran parte de la innovación se centra también en la distribución de actividades entre el proveedor y el cliente, siendo el *autoservicio* uno de los métodos más extendidos, no solo porque puede reducir las necesidades de personal de la organización de servicios, sino también porque puede mejorar la calidad y eficacia de la prestación para el cliente. Estas innovaciones requieren el establecimiento de un marco mutuamente aceptable para la identificación de los objetos del servicio y su acceso a ellos, ya se trate de los detalles de una cuenta bancaria o de los consumibles de las estanterías de los supermercados.
- Las prestaciones ofrecidas por muchos servicios dependen a menudo de la conducta de múltiples clientes, pudiendo ser estos participantes en una red social en línea, pasajeros

en vehículos de transporte público o usuarios de instalaciones deportivas o de cines. En algunos casos, es preciso contar con las aportaciones de otros usuarios para que las prestaciones merezcan la pena, mientras que en otros el cliente puede preferir realmente actuar en solitario.

Una de las consecuencias de la interactividad es que el proveedor del servicio y el cliente deben encontrarse frecuentemente en el mismo lugar y el mismo momento, aunque el uso de tecnologías de la información puede reducir esa necesidad, al menos con respecto a los servicios de información. Otras repercusiones importantes de esta característica de muchos servicios son que la calidad del servicio estará en función no solo de las actividades del prestatario, sino también de las propias aportaciones de los clientes; que la productividad calculada mediante las contribuciones de mano de obra del proveedor puede conseguirse a costa de más trabajo por parte de usuario, y que es probable que haya mucha *heterogeneidad* entre los productos ofrecidos por una organización de servicios. Puede que algunos servicios estén relativamente normalizados, pero muchos otros están personalizados o al menos personalizados en serie mediante el ensamblaje del servicio a partir de múltiples módulos, que se *acoplan* conforme a las necesidades de cada cliente. Algunos otros servicios están hechos completamente a medida, especialmente adaptados a la necesidad particular de un cliente. La industria manufacturera también varía, al ofrecer producción en serie, personalización en serie y producción especializada en pequeños lotes (la realización rápida de prototipos solo es característica de las empresas de servicios que realmente elaboran bienes físicos, pese a que su objetivo sea probar la viabilidad de los diseños). La heterogeneidad de los productos incrementa la dificultad de evaluar la calidad del servicio con anterioridad a la producción del mismo, así como los inconvenientes a los que se enfrenta la medición de la productividad del servicio.

Una de las evoluciones principales de la innovación en materia de servicios ha sido lo que Levitt (1972) denominó hace casi cuarenta años la *industrialización* de los servicios. A medida que las empresas de servicios crecen, son capaces de adoptar un «sistema propio de cadena de montaje» con productos más normalizados, elaborados casi a partir de un método de producción en serie con una elevada división de la mano de obra y un alto uso de tecnología. Hoy en día podemos comprobar que el incremento de la normalización puede ir unido a la personalización en serie, con módulos de servicio personalizado que se combinan de muchos modos a fin de generar servicios cuya calidad varía poco de sucursal a sucursal o de franquicia a franquicia en el caso de establecimientos hoteleros, de cadenas de comida rápida, de supermercados, etc. Muchas de las empresas de esos sectores que adoptan este modelo de industrialización de los servicios dependen del pago de salarios relativamente bajos y del empleo de trabajadores bastante poco cualificados, muchas veces a tiempo parcial o con contratos laborales precarios.

LA INNOVACIÓN EN MATERIA DE SERVICIOS Y EL DESARROLLO DE NUEVOS SERVICIOS

Al inicio de este trabajo hablábamos de algunas de las ambigüedades asociadas al término *servicio* y ahora queremos destacar que existe un sentido de esta palabra especialmente importante en lo que atañe a sus características comunes. Se trata, en concreto, de que un servicio es algo hecho para alguien, es decir que un servicio pretende ofrecer valor a otro ser humano o a un conjunto de personas. Evidentemente, existen excepciones a esto; así, en el mundo de la informática resulta común decir que los sistemas y componentes informáticos se prestan servicios entre sí, como ocurre en la arquitectura orientada a los servicios. Pero también existen servicios que están orientados al bienestar de los entornos naturales, que aunque pueden no afectar directamente a los seres humanos, puede considerarse que sí dan algún tipo de satisfacción

a las personas que los conocen. Este sentido de los servicios cobró actualidad con motivo de los recientes trabajos sobre la *lógica dominante de los servicios* (véanse por ejemplo las obras de Lusch *et al.*, 2008, y de Vargo y Lusch, 2006). Esta corriente procede originalmente de estudios sobre la comercialización de los servicios, aunque ha tenido repercusiones de mayor alcance. Su objeto era encontrar nuevos planteamientos respecto a la comercialización de los servicios, que consideraba a estos solo como productos intangibles, que se podían gestionar mediante una pequeña modificación de los métodos utilizados para la comercialización de bienes materiales. En lugar de eso, pone el énfasis en el servicio como un proceso; esto es, el servicio es el proceso de aplicar recursos para crear beneficios, y se trata además de un proceso de coproducción en el que tanto el *proveedor* como el *cliente* realizan contribuciones y obtienen beneficios. Desde esta perspectiva, toda actividad económica puede considerarse un intercambio de servicios.

Evidentemente, el volumen y la clase de iniciativas emprendidas por los socios varían de un servicio a otro, pero siempre es importante el hecho de que los usuarios del servicio están normalmente implicados en actividades distintas a la exclusiva de comprar, y que esas actividades tienen un efecto muy importante en la calidad del servicio que se produce y recibe. Esto tiene claramente que ver con la noción de *interactividad* de la que hablábamos antes y con los estudios que analizan las innovaciones vinculadas a esas actividades y las relaciones de servicio. Actualmente existe gran interés en conocer los modos a través de los cuales los consumidores de servicios pueden ser movilizados para convertirse en *prosumidores* a fin de mejorar las experiencias de los demás; por ejemplo, en las aplicaciones relativas a la Web 2.0 y a redes sociales, aunque también existen estudios anteriores sobre cómo la innovación puede centrarse en el proceso de *servucción* (por ejemplo, Belleflamme *et al.*, 1986).

Las variaciones en las relaciones de servicio y en las prestaciones asociadas han sido también

un tema fundamental de estudio de la nueva disciplina de *diseño de servicios*. Durante los últimos años, muchas empresas de diseño industrial ya consolidadas se han dedicado a tratar aspectos del diseño de servicios, y también han surgido empresas especializadas con ese fin. Solo recientemente este nuevo aspecto ha empezado a ser tratado por estudios educacionales y académicos, y en 2009 ha aparecido una publicación en materia de diseño de servicios (*Touchpoint*). Ahora bien, también hay unos pocos pioneros que han escrito sobre asuntos como el diseño y la calidad de los servicios (Gummesson, 1990), de modo que existe material suficiente para un posible análisis general (Moritz, 2005; Saco y Goncalves, 2008)². Entre los elementos puestos de relieve en esos trabajos destacan los métodos peculiares requeridos para el diseño de servicios de modo que reflejen la evolución conjunta de las conductas y experiencias del usuario y del proveedor en el transcurso de la prestación del servicio. Dentro de estos métodos se incluye la programación, el guión gráfico y el diseño de las interrelaciones y las interacciones de los servicios. La necesidad de contar con estrategias de diseño bastante diferentes a las utilizadas en el diseño de productos industriales refleja la importancia para los servicios de características como la intangibilidad y la interactividad.

Pim den Hertog (2000) subraya que los innovadores en materia de servicios deben tener en cuenta las oportunidades tecnológicas, pero que no deberían adoptar un punto de vista de tecnólogo (en este caso el término *tecnólogo* tiene el sentido dado por Gallouj) respecto al desarrollo de nuevos servicios (NSD, según sus siglas en inglés). Por el contrario, deberían tomar en consideración qué cambios adicionales podrían llevarse a cabo en cuanto a *conceptos de servicio, interrelaciones de clientes y sistemas de suministro*. Esto implica que cualquier innovación puede considerarse como una combinación de estas dimensiones, y posiblemente como variación en las mismas, así como en las tecnologías aplicadas.

Al igual que los debates sobre el diseño y la innovación en materia de servicios han surgido hace relativamente poco tiempo, los estudios sobre el NSD son también bastante recientes, aunque están aumentando a gran velocidad y están siendo objeto de recopilaciones. Así, en 1998 Johny y Storey ya habían examinado varios estudios previos, reflejando lo que antes hemos denominado la interactividad de los servicios. Los clientes y la comprensión de sus funciones, expectativas y experiencias son especialmente importantes en el NSD, dada la posibilidad de que su cooperación resulte capital a la hora de determinar la calidad de los resultados del servicio. Los empleados que interactúan con los clientes también deben tenerse en cuenta, bien como fuente de nuevas ideas, bien como coproductores de un servicio en el que su cooperación experta es de vital importancia. Por lo común, los estudios sobre el NSD tratan de determinar los factores que permiten una introducción eficaz de nuevos servicios; por su parte, Martin y Horne (1993, 1995) también destacan la necesidad de que los clientes y los empleados —y también los directivos— participen en dicho proceso de desarrollo, así como de que se haga un uso estratégico de la información sobre los clientes. En las empresas de servicios que estudiaron eran poco corrientes las áreas especializadas de innovación, y casi nunca los desarrollos positivos de nuevos servicios eran logrados por un pequeño grupo de expertos. Frecuentemente, en los trabajos sobre el NSD se analizan las estrategias y las características de las organizaciones productoras de servicios; se hace mucho hincapié, por ejemplo, en el papel de las oportunidades de formación y de aprendizaje más general de los empleados de servicios, en el alcance del intercambio de información y de experiencias, en la facilidad de establecer equipos de proyecto multifuncionales y en temas análogos. En los estudios en materia de innovación en la industria manufacturera surgen recomendaciones similares, aunque todavía queda por saber si los desarrollos eficaces de nuevos servicios

² Véase también la red de diseño de servicios en la dirección <http://www.service-design-network.org>, a la que accedimos el 24/08/2010

son realmente tan distintos entre sí, además de si existen grandes diferencias entre servicios de distintas clases. Lo que sí resulta patente en muchos estudios (recopilados en Miles, 2005 y 2010, y en otros trabajos) es que los nuevos servicios rara vez se generan en departamentos formales de I+D o de ingeniería de producción, pese a que este planteamiento se aplica en algunas empresas de servicios muy grandes y en servicios asociados a las nuevas tecnologías, en ámbitos como la tecnología de la información y la ingeniería. Más frecuentemente, la innovación en materia de servicios está organizada en forma de estructuras provisionales de gestión de proyectos, de modo que una gran parte de la innovación procede de experimentaciones específicas sobre el terreno. Algunas encuestas a empresas de servicios innovadoras (por ejemplo, Arundel *et al.*, 2007; IOIR, 2003) indican —quizá sorprendentemente— que estas empresas suelen hacer menor uso de los proveedores y los clientes como fuentes de información para la innovación que las empresas manufactureras. Por el contrario, los consultores y los competidores parecen ser fuentes más importantes de información para las empresas de servicios que para las manufactureras. Sin embargo, un sector que afirma hacer mayor uso de los clientes como fuente de información es el de los servicios empresariales, en el que por lo general existe un elevado grado de interactividad. También es bastante probable que los servicios comerciales al por mayor y al por menor consideren que los proveedores son muy influyentes.

Sundbo y Gallouj (2000) sostienen que es posible diferenciar varios modos de organizar la innovación en materia de servicios, y su análisis puede aplicarse a la innovación de procesos en organizaciones de servicios y también al NSD. Miles (2010: 523-524) resume su planteamiento indicando que existen siete modelos generales, así como que las innovaciones específicas en materia de servicios pueden estructurarse de distintas maneras dentro de la misma organización:

1. El *modelo clásico de I+D*, en virtud del cual algunas organizaciones de servicios (principalmente organizaciones grandes o de carácter tecnológico, como expusimos anteriormente) cuentan con departamentos especializados que llevan a cabo la investigación de carácter estratégico.

2. El *modelo profesional de servicios* se aplica frecuentemente en organizaciones intensivas en conocimiento, como las relativas a los servicios que hemos denominado SEIC, cuyos profesionales muchas veces ofrecen soluciones específicas y muy personalizadas a sus clientes. Por lo habitual, sus innovaciones dependen de las competencias profesionales de los empleados. Es posible que muchos de los conocimientos en materia de innovación se difundan a través de redes y asociaciones profesionales o de otras comunidades especializadas. Muchas empresas de consultoría y algunos *sectores creativos* (por ejemplo, publicidad y diseño) aplican este modelo. Uno de los retos principales a los que se enfrentan estas empresas es *capturar* y reproducir innovaciones hechas en la práctica por profesionales, por lo que gran parte de la atención prestada a la gestión del conocimiento está dirigida a ese fin.

3. El *modelo neoindustrial* se encuentra situado entre los modelos 1. y 2., de modo que junto con un departamento especializado de I+D o de innovación existe mucha otra innovación proveniente de la práctica profesional. Este modelo es frecuentemente típico de los servicios sanitarios y de algunas grandes empresas de consultoría.

4. El *modelo organizado de innovación estratégica* está presente en grandes empresas de servicios, como compañías aéreas, cadenas hoteleras y comercios minoristas. La innovación se organiza en forma de proyectos dirigidos por equipos multifuncionales más o menos provisionales, que trabajan en fases específicas de la gestión de proyectos, muchas veces bajo el firme control de los grupos responsables de la comercialización.

5. El *modelo empresarial* es característico de las empresas jóvenes que ofrecen servicios basados en innovaciones más o menos radicales, de carácter tecnológico o bien más dependientes de nuevos modelos de negocio. Este método es aplicado, por ejemplo, por muchas de las empresas denominadas *gacelas* y por las de servicios en línea. Generalmente este modelo se aplica durante un corto periodo de tiempo, pasando después estas empresas a elegir otros modos de innovación.

6. El *modelo artesanal* se aplica en muchos servicios de menor escala y en otros de carácter físico y poco tecnológico (*funcionales*), como los de limpieza y restauración. Se trata de sectores clásicos dirigidos por los proveedores, en los que las principales innovaciones se importan de otros sectores (por ejemplo, la industria manufacturera), aunque la innovación puede estar también impulsada por las reglamentaciones y la demanda. Los empleados y los directivos pueden ser fuente de innovación (por lo común, gradual y acumulativa).

7. Por último, el *modelo de red* implica la existencia de una red de empresas colaboradoras que adoptan normas o procedimientos operativos comunes. Es posible que haya una empresa dominante en la red, tal como ocurrió en el lanzamiento al mercado de innovaciones como el comercio electrónico, donde a menudo un cliente importante solicita a sus proveedores que utilicen medios normalizados de comercio electrónico. Muchos servicios están organizados en forma de redes de franquicias a través de las cuales se lleva a cabo esa difusión de las innovaciones, cosa bastante frecuente en sectores como los de la comida rápida y la hostelería, así como en algunos sectores profesionales.

LA INNOVACIÓN EN LAS INDUSTRIAS DE SERVICIOS

Desde hace años se publican perspectivas generales sobre la innovación en las industrias de servicios (por ejemplo, Miles, 1994, y recopilaciones posteriores en 2005 y 2010), y además una gran parte del *Handbook of Innovation and*

Services (Gallouj y Djellal, 2010) se dedica también a analizar esta cuestión. Estos estudios confirman el argumento de que el modo de estructurar la innovación en las organizaciones de servicios es generalmente distinto al modelo tradicional de I+D supuestamente característico de la industria manufacturera. De hecho, como ya implicaba la taxonomía de Pavitt (1984), muchas empresas manufactureras no aplican este modelo, que es mucho más común en las empresas de alta tecnología y en las compañías más grandes de otros subsectores manufactureros. Además, podríamos añadir que esas empresas no aplican siempre este modelo en todas sus áreas operativas, ya que las actividades minoristas y las de distribución, así como otros servicios de productos, pueden evolucionar de manera bastante independiente de la propia innovación de productos.

Los estudios basados en encuestas que permiten efectuar comparaciones entre sectores han confirmado que las empresas de servicios introducen realmente innovaciones, aunque en general los sectores de servicios pueden tener tasas de innovación inferiores a las de las empresas manufactureras, pese a que las divergencias suelen ser muy grandes entre las diferentes secciones de servicios. Los presupuestos de innovación de las empresas de servicios también suelen ser, por lo común, inferiores a los de las empresas manufactureras, incluso si comparamos empresas de tamaños similares, lo cual es muy relevante, ya que las conductas en materia de innovación suelen estar estrechamente vinculadas al tamaño de la empresa y, como observamos anteriormente, la mayoría de las secciones de servicios están más dominadas por pequeñas empresas que en el caso de la industria manufacturera. No obstante, los diversos componentes del sector servicios difieren mucho en cuanto a la frecuencia de la innovación y al volumen de inversión dedicado a dicho fin. Aunque existen excepciones en todos los subsectores de servicios, la norma general es que los servicios más orientados hacia

lo material, como el transporte y el comercio al por mayor y al por menor, sean los que menos innovaciones efectúen, y que los servicios más orientados a la información, como los financieros y los SEIC, sean mucho más proclives a la innovación. Este resultado podría ser bastante distinto del que habríamos logrado si se hubiesen llevado a cabo este tipo de encuestas en los años veinte del siglo pasado, en lugar de en la primera década del siglo XXI. En la primera mitad del siglo XX los servicios físicos se vieron transformados debido a la aplicación de la energía eléctrica y los motores de petróleo. Con la llegada del nuevo siglo, las tecnologías de la información se han utilizado para crear servicios nuevos y mejorados, especialmente importantes para actividades como los servicios financieros e informáticos, así como para todas las de carácter profesional. En particular, los SEIC asociados a nuevas tecnologías (empresas que ofrecen servicios informáticos y de ingeniería) tienen habitualmente grandes presupuestos dedicados a la innovación.

La disponibilidad de encuestas a gran escala facilita la aplicación del análisis de grupos y de métodos similares para identificar y clasificar conjuntos específicos de empresas o sectores. Así, Hipp y Grupp (2005) diferenciaron entre modelos intensivos en conocimiento, intensivos en red, intensivos en escala e intensivos en innovación externa en empresas de servicios alemanas. En algunos tipos de organizaciones de servicios aparecían claras tendencias hacia dinámicas específicas en materia de innovación. El modelo intensivo en conocimiento, por ejemplo, era especialmente notorio en los servicios técnicos, de I+D e informáticos. El modelo basado en redes era el más común en la banca, mientras que el dominado por los proveedores era especialmente relevante en otros servicios financieros. Ahora bien, Hipp y Grupp también prevenían contra la simple identificación de sectores con modelos de innovación. Pese a que existen tendencias más o menos firmes, todos los sectores tienen sus excepciones, y además en todos los sectores

de servicios se daban casos de cada uno de los modelos de innovación.

Por lo habitual, estos estudios se centran en cuestiones como el gasto en innovación y las fuentes informativas para la innovación, pero prestan menos atención a la naturaleza de las propias innovaciones, aunque en algunos se muestra que las empresas de servicios son algo más propensas que las manufactureras a comunicar sus innovaciones no tecnológicas y organizacionales. Howells y Tether (2004) ponen de relieve que mientras que un gran porcentaje de empresas de servicios consideraba que sus principales actividades innovadoras habían sido exclusivamente organizacionales, esto resultaba muy poco común en las empresas manufactureras. Kanerva *et al.* (2006) ponen de manifiesto que las empresas de servicios —fundamentalmente de los sectores financieros y del comercio al por mayor— son más propensas a emprender cambios organizacionales; Schmidt y Rammer (2006) y Miles (2008) sostienen que las empresas manufactureras y las de servicios de tecnologías de la información suelen poner énfasis en la innovación basada en nuevas tecnologías, mientras que la mayoría de los servicios hace hincapié en la innovación organizacional, aunque en conjunto los sectores que son más innovadores tecnológicamente son también los más innovadores desde el punto de vista de la organización.

Hoy en día contamos con muchos estudios dedicados a analizar el panorama general de la innovación en el sector servicios a partir de datos de las CIS (por ejemplo, utilizando datos de la CIS2 para Europa: Tether y otros autores [2002]; presentando resultados de la CIS4: Arundel y otros autores [2007] y Eurostat [2008]). A continuación analizamos tres áreas especialmente interesantes en este ámbito: SEIC, servicios creativos y servicios públicos.

SEIC

Los SEIC se clasifican habitualmente en dos grupos: los *basados en tecnologías* (como los servicios informáticos, las actividades de

arquitectura e ingeniería, las pruebas y los análisis técnicos, los servicios I+D, etc.) y los *profesionales* de carácter más tradicional (como el asesoramiento jurídico y contable, los estudios de mercado y la consultoría empresarial). Muchos estudios han puesto de manifiesto que, en general, los SEIC suelen ser bastante innovadores y se comportan de manera más similar a las empresas de alta tecnología que los demás servicios. Sin embargo, Rodríguez y Camacho (2010) han analizado datos españoles de la CIS4 y comprobado que en realidad existen varios tipos distintos de innovadores de SEIC. Algunos de ellos son análogos a los fabricantes de alta tecnología («grandes innovadores» que desarrollan innovaciones de productos, en gran medida basadas en I+D interna). Pero también han descubierto otros tres grupos, a saber: los «difundidores de conocimiento», que son aquellos SEIC que actúan como agentes de la transferencia de conocimientos y mantienen relaciones estrechas con otros agentes del sistema de innovación, incluidas las universidades, los organismos públicos de investigación y los centros tecnológicos; los «innovadores aislados», que cuentan con escasas colaboraciones y dependen de su propia capacidad innovadora para desarrollar innovaciones tecnológicas u organizacionales; y, por último, un reducido grupo de «pequeños innovadores» que desarrollan fundamentalmente innovaciones organizacionales y de procesos, a menudo basadas en la adquisición de maquinaria y equipos. Por todo esto, debemos ser prudentes a la hora de generalizar en torno a los SEIC.

También resulta obvio que la actividad innovadora de los SEIC puede ser relevante para el conjunto de la economía. Incluso aquellos SEIC cuya función principal no es la *difusión del conocimiento* ofrecen soluciones constantes a los problemas de sus clientes empresariales. A menudo esto implica ayudar al cliente a emprender innovaciones en la práctica o a adoptar tecnologías. Otras veces supone la coproducción de innovaciones por ambas partes (P. den Hertog,

2000), ya que el nuevo conocimiento se crea mediante la combinación de las ideas genéricas de la empresa de SEIC y del conocimiento más local del cliente. Por medio de la negociación relativa a la naturaleza del problema y las soluciones potenciales, tanto el proveedor de servicios como el cliente pueden aprender; el reto al que se enfrentan estas organizaciones es retener ese aprendizaje y reproducir las innovaciones.

Servicios creativos

Durante los últimos años se ha prestado mucha atención política, tanto nacional como localmente, a las industrias creativas, que se definen como aquellas que desarrollan actividades centradas en la experiencia de los usuarios finales y en la producción de contenidos creativos (aunque generalmente algunos tipos de entretenimiento —parques temáticos, deportes— y de servicios culturales —museos— se omiten en estas clasificaciones, mientras que sin embargo a menudo se incluyen áreas como la de *software* informático). Algunos de estos servicios están concebidos para las empresas, por lo que podríamos añadir una categoría de SEIC *creativos* a los *tecnológicos* y *profesionales* mencionados anteriormente, de modo que abarcasen, por ejemplo, los servicios de publicidad, diseño, gráficos y multimedia prestados a las organizaciones. Hasta hace poco, se consideraba que estas actividades eran más bien objeto de estudios sobre medios de comunicación y de crítica cultural que de investigación sobre la innovación, y además existen claras dificultades a la hora de especificar la capacidad innovadora de un diseño de moda novedoso o de un nuevo formato televisivo, por ejemplo.

Sin embargo, estamos empezando a conocer ahora estudios dedicados a las estrategias de innovación de industrias experienciales (por ejemplo, Voss y Zomerdiijk, 2007), y van multiplicándose las pruebas de que los sectores creativos se dedican a desarrollar tanto tipos convencionales de productos e innovación de procesos como muchas otras formas de innovación organizacional y de modelos de negocio (por ejemplo, Miles y

Green, 2007). Aun cuando existen algunas excepciones, estas industrias no han sido tenidas en cuenta en encuestas sobre la innovación, pese a ser objeto de mucha retórica política. Algunas de ellas desempeñan un papel importante, ya que vinculan a las empresas a los cambiantes medios sociales, mientras que otras contribuyen a la creación de medios más innovadores y creativos, como se ha puesto de relieve en muchos trabajos sobre la ciudad creativa y la economía.

Servicios públicos

En último lugar analizamos brevemente los servicios públicos, que también constituyen una de las áreas principales de interés político —con una preocupación cada vez mayor en cuanto a su productividad y coste—, y de los que se ha hecho caso omiso en encuestas sobre la innovación (casi siempre exclusivamente concentradas en los servicios privados). En una época en la que se están reformando considerablemente los servicios públicos y redefiniendo los límites entre los sectores público y privado, existe una falta inquietante de pruebas en las que basar la nueva política.

De manera generalizada se afirma que los sectores públicos son menos innovadores que las empresas privadas (aunque las pruebas en ese sentido son desiguales; véase la obra de Halvorsen *et al.*, 2005)³. A menudo se piensa que esto es consecuencia de la falta de competencia y de estructuras de supervisión burocráticas (y políticas), por lo que una solución muy popular ha sido la realización de reformas conocidas como *nueva gestión pública*, que introducen estructuras análogas a las del mercado y una gestión más empresarial en el sector público (en la actualidad existe en algunos países una *industria de servicios públicos* relativamente grande y de carácter privado: véase Julius, 2008). La mayoría de los servicios públicos consta de múltiples *subcursales* de organizaciones muy grandes, que en muchos casos requieren personal muy cualificado (médicos, profesores, etc.), aunque en otros participa personal operativo poco cualificado

(limpiadores, vigilantes, etc.). Al ser organizaciones grandes, existe la posibilidad de lograr economías de escala, por lo que los sectores públicos han sido pioneros en el uso de las tecnologías de la información en sus departamentos de apoyo. También existe la posibilidad de influir en el sistema de innovación general mediante los procedimientos de adjudicación de los contratos públicos, por lo que la *contratación innovadora* se ha convertido en un asunto de interés reciente. No obstante, la proliferación de organismos locales y profesiones especializadas dedicados a tratar complejos asuntos sociales podría crear una actitud reacia al riesgo con respecto a la innovación, conducir esta a direcciones inapropiadas o restringir la difusión de las innovaciones creadas en la práctica. No es probable que la nueva gestión pública, por sí sola, resuelva todos esos problemas, por lo asistimos a numerosas iniciativas para crear nuevas instituciones que puedan identificar y difundir ideas, ejemplos de buenas prácticas y soluciones creativas.

CONCLUSIÓN

Como los sectores de servicios conforman la mayor parte de la economía y los servicios representan un porcentaje cada vez mayor de todas las actividades económicas, es difícil ofrecer un análisis sucinto de la innovación en materia de servicios. Los estudios aquí examinados ponen de relieve la necesidad de analizar aquellos procesos y trayectorias de innovación que vayan más allá de los tradicionales derivados de estudios de los sectores automovilístico, electrónico y farmacéutico. Además, indican que deberíamos prepararnos para sacar a la luz múltiples estructuras y estrategias, que evolucionan a medida que la economía relativa a los servicios sigue desarrollándose.

Esto tiene repercusiones importantes en materia política, ya que no existe un único enfoque válido para todo y debido a que las políticas de innovación tendrán que prestar atención a los retos planteados por la innovación en materia de servicios en un mundo competitivo, así como en

³ Entre los recursos en línea sobre innovación en los servicios públicos se incluye el proyecto PUBLIN (<http://www.step.no/publin/>), la publicación *Innovation Journal* (<http://www.innovation.cc/>), los estudios NESTA sobre servicios públicos (http://www.nesta.org.uk/assets/documents/ready_or_not) y muchas otras publicaciones disponibles en la página web de NESTA). El proyecto ServPPIN constituye una nueva e interesante iniciativa para estudiar las redes público-privadas de innovación: véase <http://www.servppin.com/> [se accedió a toda la información el 20/07/2010].

los servicios públicos. Igualmente, se precisan nuevas capacidades de gestión y nuevos sistemas de formación que apoyen su desarrollo e implantación. Muchas veces es objeto de debate público la cuestión del trabajo en forma de equipos interdisciplinarios e interprofesionales, a medida que las innovaciones implican la combinación de múltiples bienes y servicios en lo que se ha denominado el *sistema producto-servicio*, que exige el conocimiento de tecnologías, instituciones sociales y reglamentaciones, así como tipos específicos de clientes y de interrelaciones de clientes.

La innovación en materia de servicios y la innovación en el sector servicios han sido asuntos poco estudiados durante muchísimo tiempo. En la actualidad son objeto constante de debate y atraen el interés de investigadores y profesionales de todo tipo. Una de las novedades más sobresalientes de los últimos años ha sido el compromiso de IBM y de varias otras grandes empresas —la mayoría de ellas dedicada a los servicios de tecnologías de la información y deseosa de aplicar estas a una amplia gama de servicios— de crear una nueva *ciencia del servicio* o ciencia de servicios, gestión y educación, lo cual se ha puesto ya de manifiesto con la edición de una nueva publicación titulada *Service Science*, la organización de numerosas conferencias⁴ y la creación de muchas otras publicaciones importantes (por ejemplo, Maglio *et al.*, 2010) en las que se explican los nuevos conceptos de sistemas de servicios y los elementos que podría abarcar una ciencia de servicios. La noción de ciencia de servicios plantea un reto formidable, ya que incluso los servicios de procesado de la información adoptan múltiples formas en las que participan los proveedores y usuarios de muchos modos. Sin embargo, la concentración de actividades ya está empezando a dar sus frutos en cuanto al análisis y diseño de sistemas de servicios, y podríamos incluso ver que las nuevas ideas sobre el servicio y los servicios se reflejarían en nuevas modalidades y estrategias de innovación en materia de servicios durante los próximos años.

BIBLIOGRAFÍA

- ARUNDEL, A. M., KANERVA, A. VAN CRUYSEN y H. HOLLANDERS (2007), *Innovation Statistics for the European Service Sector* UNU-MERIT, INNO-Metrics, documentos temáticos, disponible en la dirección http://www.proinno-europe.eu/sites/default/files/page/10/07/Innovation_Indicators_for_the_European_Service_Sector.pdf, a la que se accedió el 31/08/2010.
- AVADIKYAN, A., y S. LHUILLERY (2007), *Innovation, Organisational Change and Servitisation: a micro data level analysis in five European countries*, documento presentado en el seminario DIME sobre *Organisational Innovation: the dynamics of organisational capabilities and design*.
- GREDEG – DEMOS, West-End Hotel, Niza, 15-16 de noviembre de 2007.
- BARRAS, R. (1986), «Towards a Theory of Innovation in Services», *Research Policy* 15(4), pp. 161-173.
- BARRAS, R. (1990), «Interactive Innovation in Financial and Business Services: the vanguard of the service revolution», *Research Policy* 19, pp. 215-237.
- BELLEFLAMME, C., J. HOUARD y B. MICHAUX (1986), *Innovation and Research and Development Process Analysis in Service Activities*, Bruselas, CE, FAST. Documentos especiales n.º 116.
- COOMBS, R., e I. MILES (2000), «Innovation, measurement and services», en J. S. Metcalfe e I. Miles (eds.), *Innovation Systems in the Service Economy. Measurement and Case Study Analysis*, Boston, MA: Kluwer Academic, pp. 85-103.
- DEN HERTOOG, P. (2000), «Knowledge Intensive Business Services as Co-Producers of Innovation», *International Journal of Innovation Management*, 4(4), diciembre, pp. 491-528.
- DROEGE, H., D. HILDEBRAND, y M. A. HERAS FORCADA (2009), «Innovation in services: present findings, and future pathways», *Journal of Service Management*, 20(2), pp. 131-155.
- EIGLIER, P., y E. LANGEARD (1987), *Servuction*, París: McGraw-Hill.
- EUROSTAT (2008), *Science, Technology and Innovation in Europe*, Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas.
- FUCHS, V. (1968), *The Service Economy*, Nueva York: National Bureau of Economic Research.
- GADREY, J. (2002), *The Misuse of Productivity Concepts in Services: Lessons from a Comparison between France and the United States*, en J. Gadrey y F. Gallouj (eds.), *Productivity, Innovation And Knowledge In Services: New Economic and Socio-Economic Approaches*, Cheltenham: Edward Elgar.
- GALLOUJ, F. (1998), «Innovating in reverse: services and the reverse product cycle», *European Journal of Innovation Management*, 1(3), pp. 123-38.
- GALLOUJ, F., y F. DJELLAL (eds.) (2010), *The Handbook of Innovation and Services*, Cheltenham: Edward Elgar.
- GALLOUJ, F. y M. SAVONA (2010), *Towards a Theory of Innovation in Services*, en F. Gallouj y F. Djellal (eds.) (2010), *The Handbook of Innovation and Services*, Cheltenham: Edward Elgar.
- GARTNER, A., y F. REISSMAN (1974), *The Service Society and the new Consumer Vanguard*, Nueva York: Harper and Row.
- GRÖNRÖOSA, C. y K. OJASALO (2004), «Service productivity: Towards a conceptualization of the transformation of inputs into economic results in services», *Journal of Business Research* 57, pp. 414-423.
- GUMMESSON, E. (1990), *Service Design, Total Quality Management* 2(2), pp. 97-101.
- HALVORSEN, T., J. HAUKNES, I. MILES y R. RØSTE (2005), *On the differences between public and private sector innovation*, proyecto PUBLIN, informe D3, Oslo: STEP; disponible en la dirección <http://www.step.no/publin/reports.html>, a la que se accedió el 31/08/2010.
- HARZING, A. W. (2010), *Publish or Perish*, versión 3.0.3883 (18 de agosto de 2010), disponible en la dirección <http://www.harzing.com/pop.htm>, a la que se accedió el 20/08/2010.
- HOLMLID, S. (2007), *Interaction Design and Service Design: Expanding a Comparison of Design Disciplines*, Estocolmo, *Nordic Design Research - Design Inquiries*, disponible en la dirección <http://www.nordes.org/data/uploads/papers/143.pdf>, a la que se accedió el 24/08/2010.

⁴ Véase por ejemplo la dirección <http://www.ibm.com/developerworks/spaces/ssme>, en la que se ofrecen enlaces a conferencias y recursos en línea de muchos tipos, incluyendo los planes de estudio de nuevos programas de formación. También se ha creado una red de investigadores en materia de ciencia de servicios, gestión y educación a través de la página <http://www.ssmenetuk.org/>, y en la dirección <http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/ssme/> se describe un simposio sobre «El éxito a través de la innovación en servicios» [se accedió a toda la información el 31/08/2010].

- HOWELS, J. (2010), «Services and innovation and service innovation», en F. Gallouj, F. Djellal y C. Gallouj (eds.), *The Handbook of Innovation and Services*, Cheltenham: Edward Elgar.
- HOWELS, J., y B. TETHER (2004), *Innovation in Services: Issues at Stake and Trends*, programa *Inno Studies* (ENTR-C/2001), Bruselas, Comisión de las Comunidades Europeas, disponible en la dirección <http://www.cst.gov.uk/cst/reports/files/knowledge-intensive-services/services-study.pdf>, a la que se accedió el 24/08/2010.
- IoIR ([Institute of Innovation Research] (2003), *Knowing How, Knowing Whom: A Study of the Links between the Knowledge Intensive Services Sector and The Science Base*, Manchester: University of Manchester; *Report to the Council for Science and Technology*, disponible en la dirección <http://www.cst.gov.uk/cst/reports/files/knowledge-intensive-services/services-study.pdf>, a la que se accedió el 20/06/2009.
- JOHNE, A., y C. STOREY (1998), *New service development: a review of literature and annotated bibliography*, *European Journal of Marketing* 32(3/4), pp. 184-251.
- JULIUS, D. (2008), *Public Services Industry Review – Understanding the Public Services Industry: How big, how good, where next?*, Londres: BERR - Department for Business Enterprise & Regulatory Reform.
- KANERVA, M., H. HOLLANDERS y A. ARUNDEL (2006), *Can We Measure and Compare Innovation in Services?*, Luxemburgo: *European TrendChart on Innovation*, 2006 informe disponible en la dirección <http://archive.europe-innova.eu/servlet/Doc?cid=6373&lg=EN>, a la que se accedió el 31/08/2010.
- LUSCH, R. F., S. VARGO y G. WESSELS (2008), «Toward a Conceptual Foundation for Service Science: Contributions from Service-Dominant Logia», *IBM Systems Journal* 47(1), pp. 5-14.
- MAGLIO, P. P., C. A. KIELISZEWSKI y J. C. SPOHRER (eds.) (2010), *The Handbook of Service Science*, Nueva York: Springer.
- MARTIN, C. R. y D. A. HORNE (1993), «Services innovation: successful versus unsuccessful firms», *International Journal of Service Industry Management* 4(1), pp. 49-65.
- MARTIN, C. R. y D. A. HORNE (1995), «Level of success inputs for service innovations in the same firm», *International Journal of Service Industry Management* 6(4), pp. 40-56.
- MILES, I. (1993), «Services in the New Industrial Economy», *Futures* 25(6), pp. 653-672.
- MILES, I. (1994), «Innovation in Services», en M. Dodgson y R. Rothwell (eds.), *Handbook of Industrial Innovation*, Aldershot: Edward Elgar.
- MILES, I. (2005), *Innovation in Services*, en J. Fagerberg, D. Mowery y R. Nelson (eds.), *The Oxford Handbook of Innovation*, Oxford: Oxford University Press.
- MILES, I. (2008), «Pattern of innovation in service industries», *IBM Systems Journal* 47, pp. 115-128.
- MILES, I. (2010), «Service Innovation», en P. P. MAGLIO, C. A. KIELISZEWSKI y J. C. SPOHRER (eds.), *The Handbook of Service Science*, Nueva York: Springer 2010.
- MILES, I., y L. GREEN (2008), *Hidden Innovation in the Creative Industries*, Londres, NESTA informe de investigación HICI/13, disponible en la dirección http://www.nesta.org.uk/assets/Uploads/pdf/Research-Report/hidden_innovation_in_creative_industries_report_NESTA.pdf, a la que se accedió el 31/08/2010.
- MORITZ, S. (2005), *Service Design: Practical Access to an Evolving Field*, Colonia, *Koln International School of Design*, disponible en la dirección http://stefan-moritz.com/welcome/Service_Design_files/Practical%20Access%20to%20Service%20Design.pdf, a la que se accedió el 24/08/2010.
- PAVITT, K. (1984), «Sectoral Patterns of Technical Change: towards a taxonomy and a theory», *Research Policy* 13(6), pp. 343-373.
- PAVITT, K. (1994), «Key Characteristics of Large Innovation Firms», en M. Dodgson y R. Rothwell (eds.), *The Handbook of Industrial Innovation*, Aldershot: Edward Elgar.
- RODRÍGUEZ, M., y J. A. CAMACHO (2010), «Are knowledge-intensive business services so 'hard' innovators? Some insights using Spanish microdata», *Journal of Innovation Economic* 5 (2010/1), pp. 41-65, disponible en la dirección <http://www.cairn.info/revue-journal-of-innovation-economics-2010-1-page-41.htm>, a la que se accedió el 31/08/2010.
- SACO, R. M., y A. P. GONCALVES (2008), «Service Design: An Appraisal», *Design Management Review* 19(1), pp. 10-19.
- SUSMAN, G., A. WARREN y M. DING (2006), *Product and Service Innovation in Small and Medium-Sized Enterprises*, State College, Pennsylvania, Smeal College of Business; *Report to the National Institute of Standards and Technology (United States Department of Commerce)*, RFP 05-480-5824, disponible en la dirección <http://www.smeal.psu.edu/cmtoc/research/nistnnpd.pdf>, a la que se accedió el 31/08/2010.
- TETHER, B., I. MILES, B. BLIND, C. HIPPI, N. DE LISO y G. CAINELLI (2002), *Innovation in the Service Sector: Analysis of Data collected under the CIS2*, Manchester: University of Manchester, *CRIC Working paper* n.º 11, ISBN 1 8402 006X – revisión de 7,45, disponible en la dirección ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/eims/docs/eims_summary_98_184.pdf, a la que se accedió el 31/08/2010.
- VARGO, S., y R. F. LUSCH (2006), «Service-Dominant Logic: What It Is, What It Is Not, What It Might Be», en R. F. Lusch y S. Vargo (eds.), *The Service-Dominant Logic of Marketing: Dialog, Debate, and Directions*, Armonk, Nueva York: M. E. Sharpe.
- VOSS, C., y L. ZOMERDIJK (2007), «Innovation in Experiential Services – An Empirical View», en DTI (ed.) *Innovation in Services*. Londres: Department of Trade and Industry, pp. 97-134.

BBVA

Innovación financiera: una visión equilibrada

Robert E. Litan¹

Brookings Institution.
Kauffman Foundation

La innovación financiera, considerada en el pasado como algo innegablemente positivo para toda economía, ha sido objeto de múltiples críticas desde el inicio de la crisis financiera en 2007 y la Gran Recesión subsiguiente. Algunos economistas de prestigio, en especial Paul Volcker (ex presidente de la Reserva Federal estadounidense), Paul Krugman (economista de la Universidad de Princeton galardonado con el premio Nobel y columnista de *The New York Times*) y Simon Johnson (ex economista principal del FMI), han expresado sus dudas con respecto al valor social de la innovación financiera en general, y muy justificadamente, ya que algunas de las innovaciones más recientes han contribuido a desencadenar la crisis. De manera más significativa, la muy drástica Ley Dodd-Frank de Protección de los Consumidores y Reforma de Wall Street promulgada en Estados Unidos en el verano de 2010 con el objeto de impedir crisis financieras o, al menos, de minimizar sus efectos dañinos, contiene numerosas disposiciones que, dependiendo del modo en que sean aplicadas por los futuros organismos reguladores, podrían disminuir el ritmo de la futura innovación financiera.

La tesis que aquí defiende es que la innovación financiera no es merecedora de todas las culpas que se le han achacado. En realidad, durante los últimos años se han producido innovaciones

bastante *buenas*, aunque sus detractores están en lo cierto cuando afirman que también las ha habido *malas*. En el presente artículo voy a intentar diferenciar unas de otras, concentrándome fundamentalmente en las innovaciones llevadas a la práctica en el mercado estadounidense desde los años sesenta, el periodo durante el cual el presidente Volcker en particular afirma que se produjo muy poca innovación de utilidad social. Concluyo este examen ofreciendo algunas sugerencias sobre cómo los responsables políticos y los reguladores pueden promover de manera óptima las futuras innovaciones financieras *buenas* y a la vez eliminar las *malas* antes de que causen demasiados perjuicios.

POSIBLES DIFERENCIAS ENTRE LAS INNOVACIONES DEL SECTOR REAL Y LAS DEL SECTOR FINANCIERO

Antes de empezar a abordar los temas principales de este artículo, es importante que nos ocupemos de una cuestión preliminar que está latente en las críticas a la innovación financiera, a saber, que de algún modo es distinta a las innovaciones hechas en la economía real y, por consiguiente, merecedora de mayor escepticismo. Muchas veces se han expuesto algunas de esas supuestas diferencias; ahora bien, cabría preguntarnos si tales acusaciones tienen algún fundamento.

¹ El autor agradece enormemente el apoyo brindado a la investigación por Adriane Fresh. El presente artículo se basa en un ensayo anterior más amplio titulado «In Defense of Much, But Not All, Financial Innovation», al que se puede acceder en la página web de la Brookings Institution desde la dirección www.brookings.edu.

Una opinión bastante generalizada, por ejemplo, es que la innovación financiera realmente es poco más que arbitraje, y que incluso las buenas estrategias de transacción bursátil no aportan ningún valor social neto, ya que por cada ganador siempre hay un perdedor. Ahora bien, pienso que esta opinión es incorrecta. Por propia definición, el arbitraje elimina las diferencias de precios de productos o activos similares en lugares distintos. Las innovaciones que permiten que esto se logre de manera más rápida y efectiva reducen los costes, ofrecen señales de precios más precisas en todo momento y, por lo general, hacen que los mercados sean más líquidos y eficaces. A su vez, el aumento de la liquidez y de la eficiencia hace que sea más fácil y menos costoso conseguir nuevos capitales por parte de las empresas.

Debemos admitir que esto tiene algo que ver con la crítica de *suma cero* que se hace a las innovaciones en materia de transacciones bursátiles. Sin embargo, como muy pronto veremos, muchas innovaciones financieras útiles llevadas a cabo durante los últimos años tienen muy poco o nada que ver con las transacciones bursátiles.

Una segunda diferencia fundamental entre las innovaciones en las finanzas y las habidas en el sector real consiste en que las primeras están mucho más apalancadas, esto es, se financian por medio de endeudamiento. Entre otras muchas cosas, la reciente crisis financiera ha puesto de manifiesto lo peligroso que puede ser un apalancamiento excesivo. Por ejemplo, las *obligaciones de deuda colateral* (CDO, según sus siglas en inglés), que permitieron la constitución y venta de demasiadas hipotecas de alto riesgo (con las equivocadas bendiciones de las agencias de calificación crediticia) y que intensificaron la burbuja inmobiliaria general de los diez últimos años, fueron un instrumento de endeudamiento que acabó teniendo unas consecuencias sumamente destructivas. Del mismo modo, los *vehículos de inversión estructurada* (SIV, según sus siglas en inglés) fueron uno de los mecanismos fundamentales por medio de los cuales los grandes bancos

financiaron las CDO. Más adelante, volveré a referirme a ambas innovaciones.

Por el contrario, las innovaciones del sector real suelen financiarse más con recursos propios que con endeudamiento. Las denominadas empresas *puntocom* de finales de los años noventa, muchas de las cuales desaparecieron rápidamente cuando estalló la burbuja del mercado bursátil en abril de 2000, empezaron sus actividades principalmente con fondos propios aportados por inversores providenciales o de capital riesgo y más tarde pasaron a financiarse a través de la venta pública de acciones. Pese a que el hundimiento de los mercados bursátiles provocó enormes pérdidas a los accionistas (y no sólo a los titulares de inversiones en las *puntocom*), en su mayor parte esas pérdidas no se veían agravadas por el apalancamiento. Como consecuencia de ello, las secuelas en el sector real del hundimiento de las *puntocom* fueron mucho menos perniciosas que los daños causados por el estallido de la burbuja inmobiliaria.

La tercera diferencia presunta entre las innovaciones en el sector financiero y en el sector real es que a menudo se dice que el primero está motivado en gran parte por el deseo de burlar la reglamentación vigente, mientras que el segundo está supuestamente impulsado en su inmensa mayoría o incluso totalmente por personas innovadoras que buscan hacer o fabricar algo «más rápidamente, más barato y mejor». Sin embargo, esta distinción no es tan clara como podría pensarse. Tanto los financieros como los fabricantes y proveedores de servicios «juegan al gato y al ratón» con las autoridades reguladoras. Además, esos juegos no son obligatoriamente perniciosos desde una perspectiva social. Por el contrario, las iniciativas emprendidas para sortear normas *malas* o ineficaces (como los límites de la época de la Gran Depresión sobre los intereses que los bancos podían pagar a los depositantes) deben ser aplaudidas por todos. Otras iniciativas (como la creación de los SIV de carácter supuestamente extracontable por parte de los bancos) que pretenden sortear normas *buenas*, como las

relativas a las necesidades mínimas de capital, merecen ser condenadas.

La conclusión a la que con esto llegamos es que cuando la innovación financiera produce un resultado mejor, más rápido o más barato, no se diferencia de la innovación en el sector real. Solamente cuando la innovación financiera se determina o se incrementa por medio del apalancamiento puede ser sustancialmente distinta a la innovación en el sector real y mucho más peligrosa.

RELEVANCIA DE LA INNOVACIÓN FINANCIERA

Las instituciones, los mercados y los instrumentos financieros desempeñan cuatro funciones generales de carácter social y económico. Por definición, las innovaciones que mejoran el modo en que dichas funciones se llevan a cabo son útiles. Otras innovaciones, sin embargo, pueden ser consideradas como mejoras temporalmente, pero de hecho acaban teniendo efectos colaterales socialmente perniciosos. Antes de exponer ejemplos concretos de esas dos clases de innovación, es importante que sepamos cuáles son tales funciones.

La primera función de las finanzas es proporcionar *medios de pago y de depósito de patrimonios*. Lo que conocemos con el nombre de *dinero* estuvo al principio encarnado en monedas, ganado y productos alimenticios, posteriormente en papel y después en cuentas corrientes bancarias. Más recientemente, el *dinero* se ha digitalizado en forma de tarjetas de crédito multiuso (lanzadas por primera vez al mercado en 1958 por American Express y el Bank of America), y se transfiere electrónicamente en grandes cantidades al por mayor a través de cámaras de compensación automatizadas, de la red de transferencias y compensaciones electrónicas de la Reserva Federal estadounidense (que también desempeña un papel crucial en la compensación de talones y cheques extendidos por bancos comerciales) y entre grandes bancos de los Estados Unidos y de otros países desarrollados a través de la Cámara de Compensación Electrónica Estadounidense (CHIPS).

La segunda función consiste en proporcionar medios para obtener intereses, dividendos y ganancias de capital por el dinero invertido en las finanzas, de manera que las instituciones y los instrumentos financieros *fomentan el ahorro*. El ahorro es socialmente importante porque sirve para financiar las inversiones en capital físico y humano, que a su vez generan mayores ingresos en el futuro. Durante los años sesenta ya existía la mayoría de las grandes instituciones que aún hoy se dedican a facilitar el ahorro, a saber, bancos (cajas de ahorros y entidades de crédito, o bien bancos especializados que invertían los depósitos en créditos hipotecarios de viviendas), compañías de seguros, fondos de inversión (aunque no aún los fondos de inversión en activos del mercado monetario ni los cada vez más populares fondos índice, de los que hablaremos más adelante) y planes de pensiones a cargo de las empresas. Por otro lado, los inversores que tenían tiempo y dinero podían comprar directamente algunos instrumentos financieros como deuda pública, bonos de empresa o acciones de sociedades mercantiles.

En tercer lugar, las instituciones y los mercados financieros, siempre que actúen adecuadamente, *transfieren el ahorro procedente de residentes nacionales o extranjeros a inversiones productivas*. Mucho antes de los años sesenta era habitual que las empresas que querían construir nuevos edificios o comprar nuevos bienes de equipo, tomaran prestados los fondos de bancos o aseguradoras (cuya función principal como *intermediarios financieros* es canalizar los fondos depositados a inversiones del sector público y privado) o bien emitieran nuevos títulos de renta fija e incluso vendieran nuevas acciones. El gobierno estadounidense desempeñó un papel decisivo al facilitar la inversión en viviendas mediante su apoyo al mercado hipotecario. Así, en los años treinta, creó la Administración Federal de la Vivienda con objeto de asegurar las hipotecas contraídas por familias de rentas bajas o medias, así como el Sistema de Bancos Federales de Crédito Inmobiliario. Con posterioridad, el

gobierno federal creó las entidades denominadas Ginnie Mae (Asociación Pública Nacional Hipotecaria), Fannie Mae (Asociación Federal Nacional Hipotecaria) y Freddie Mac (Entidad Federal de Crédito Hipotecario) a fin de ofrecer un mercado secundario para la mayoría de las hipotecas. Igualmente, facilitó las inversiones en educación o *capital humano*, garantizando préstamos para la educación superior. Además, lógicamente, el gobierno estadounidense financió algunas de sus propias inversiones, como la construcción de la red interestatal de autopistas y el respaldo a un gran porcentaje de la investigación científica, en parte mediante la emisión de títulos de renta fija (cuando los ingresos fiscales no eran suficientes para su total desembolso). No obstante, con la excepción de unas pocas y pequeñas sociedades limitadas de *capital riesgo*, de las que nos ocuparemos más adelante, el sistema financiero estadounidense tuvo que esperar hasta finales de los años sesenta para abrir una vía institucional fiable que financiase el proceso intrínsecamente arriesgado de constitución de empresas y su desarrollo inicial.

Finalmente, una función esencial de las finanzas, a veces pasada por alto, es *la asignación de los riesgos a aquellas personas más deseosas y capaces de asumirlos*. Algunas veces esta función se confunde con la creencia de que las finanzas reducen el riesgo global. Ni lo hacen ni podrán hacerlo. En lugar de eso, lo más que pueden hacer las finanzas es trasladar el riesgo a aquellos que más eficientemente pueden asumirlo y extenderlo de manera que no se concentre excesivamente en pocas manos. Una de las lecciones más importantes aprendidas de la crisis financiera es que las modalidades de *titulización* que hicieron posibles los préstamos de alto riesgo no consiguieron desconcentrar los riesgos de impago de los créditos hipotecarios subyacentes, tal como muchos participantes en el mercado y otros analistas —incluido el autor de estas líneas— sostenían o esperaban.

Durante los años sesenta las compañías de seguros controlaban la función de las finanzas de

absorber y asignar el riesgo mediante el aseguramiento de algunos riesgos personales (automóvil, vivienda, vida y salud) y comerciales (fundamentalmente los asociados a los bienes inmuebles). Sin embargo, el aseguramiento de riesgos *financieros* era bastante reducido. Las aseguradoras aceptaban asumir el riesgo de impago de títulos municipales o estatales y de algunos otros instrumentos financieros, pero en general no otros riesgos financieros. Los contratos de futuros de algunas materias primas, que habían existido desde hacía mucho tiempo, eran posibles en los intercambios comerciales a plazo, pero no se utilizaban todavía de modo generalizado mecanismos que asegurasen contra otros tipos de riesgos financieros, como los debidos a fluctuaciones en los tipos de interés, en el valor de las divisas (cosa no necesaria, ya que los tipos de cambio entre las monedas eran fijos a tenor del acuerdo de Bretton Woods firmado tras la Segunda Guerra Mundial) o en los precios de las acciones (de sociedades individuales o de índices). Como examinaremos en el apartado siguiente, algunas innovaciones financieras de los últimos decenios han conseguido llenar este vacío.

VALORACIÓN DE ALGUNAS INNOVACIONES FINANCIERAS RECIENTES

Pasemos ahora a examinar y a valorar las innovaciones financieras específicas desde los años sesenta, época en la que se introdujeron en el sistema bancario estadounidense novedades como los cajeros automáticos, la única innovación financiera alabada por el presidente Volcker. Así, evaluamos las innovaciones cualitativamente en torno a tres elementos: el grado en que generalizan el acceso a un servicio financiero en concreto, el grado en que mejoran la comodidad y utilidad de los usuarios y el grado en que incrementan o disminuyen el PIB o la productividad. Seguidamente, otorgamos calificaciones a cada uno de esos elementos que van de -- a ++ en función de lo que consideramos que son sus efectos netos. En el cuadro 1 se resumen los resultados de nuestras valoraciones, que a continuación

Cuadro 1. Resumen de calificaciones de los efectos netos de algunas recientes innovaciones financieras

	Acceso	Utilidad	Productividad/PIB
Pagos			
Cajeros automáticos	++	++	+
Expansión de las tarjetas de crédito	++	++	+
Tarjetas de débito	++	++	+
Ahorro			
Fondos del mercado monetario	++	++	0
Fondos de inversión indizados	++	++	+
Fondos de inversión cotizados	+	+	0/+
Sociedades comanditarias			
Fondos de alto riesgo	0	0	0/+
Capital inversión	0	0	+
Bonos del Tesoro protegidos contra la inflación	++	++	0/+
Inversión			
Valoración crediticia	++	++	0
Créditos hipotecarios de interés variable	++	n.d.+	-/--
Líneas crediticias con aval inmobiliario	++	++	-
Títulos con garantía de activos	++	++	-/+ (véase el texto)
Obligaciones de deuda colateral*	++	++	--
Vehículos de inversión estructurada*	++	++	--
Expansión del capital riesgo	+	+	++ (aunque su futuro no está claro)
Absorción de riesgos			
Negociación y fijación de precios de contratos de opciones y de futuros	+	+	+/**
Permutas financieras de tipos de interés y de divisas	++	++	+/**
Permutas de cobertura por incumplimiento crediticio	+	+	+

* Las calificaciones positivas eran provisionales.

Fuente: Análisis expuesto en el texto.

describimos en relación con las innovaciones asociadas a cada una de las cuatro funciones financieras que expusimos anteriormente.

Innovaciones en materia de pagos

El cajero automático no es la única innovación financiera socialmente útil de los últimos años. Como dijimos anteriormente, las tarjetas de crédito (y de débito) multiuso (ambas lanzadas al mercado en los años sesenta) se han convertido en componentes fundamentales de los sistemas de pagos de las economías desarrolladas y, recientemente, de algunos mercados emergentes (China, en especial). En conjunto, y pese a

algunas quejas constantes de revelaciones indebidas de datos de tarjetas de crédito y de determinadas prácticas de fijación de precios, ese *dinero de plástico* ha mejorado el bienestar social. Las tarjetas de crédito y de débito se han hecho más cómodas y, en algunos aspectos, más seguras que el dinero (en Estados Unidos los consumidores son responsables solo de 50 dólares por usos fraudulentos o tarjetas sustraídas, mientras que pueden perder todo el dinero que llevan en caso de ser robados). Las tarjetas de crédito también permiten a los usuarios tomar dinero prestado, lo cual ha ampliado el acceso de los consumidores al crédito no garantizado a un coste inferior

al anteriormente disponible —en el caso de que fuera posible— en los mercados grises, las casas de empeño o los usureros. En Estados Unidos en particular, el endeudamiento a través de las tarjetas de crédito también ha permitido a muchos empresarios poner en marcha sus negocios a una escala mayor de la que hubiera sido posible solo con su patrimonio neto líquido. Quizá debido más a este motivo que a cualquier otro, esta utilización de las tarjetas de crédito ha contribuido positivamente al crecimiento económico a largo plazo.

Innovaciones en materia de ahorro

Hasta los años setenta, los inversores particulares estadounidenses (y los de fuera de Estados Unidos) tenían relativamente pocas elecciones en cuanto a la colocación de sus ahorros: en depósitos bancarios o sus equivalentes funcionales, en títulos de renta fija, en acciones de sociedades individuales cotizadas en Bolsa y en una reducida gama de fondos de inversión. A partir de entonces se produjeron algunas innovaciones financieras, en parte impulsadas por la liberalización de los tipos de interés y, en parte, por la aplicación comercial de nuevas ideas académicas, que han ampliado enormemente las opciones disponibles.

Entre las nuevas posibilidades destacan las siguientes: fondos de inversión en activos del mercado monetario (creados como medio para sortear los controles de tipos de interés en los depósitos bancarios, ejemplo claro de una *mala* reglamentación); fondos de inversión indexados (creados a partir de la idea académica de que los fondos gestionados activamente rara vez superan la evolución de los índices); fondos de inversión cotizados (una innovación para ahorrar costes ideada por el sector financiero); sociedades financieras comanditarias de responsabilidad limitada como los fondos de alto riesgo y los fondos de capital inversión (activos *alternativos* que hasta hace relativamente poco tiempo superaban en cuanto a resultados a las carteras de valores más líquidas, aunque muchas veces debido a que

están apalancados), y bonos del Tesoro protegidos contra la inflación (promovidos por economistas académicos y adoptados por primera vez en Reino Unido en los años ochenta y unos diez años después en Estados Unidos).

En términos generales, estos instrumentos de ahorro han ampliado el acceso y la comodidad de los inversores, aunque han influido relativamente poco en la mejora de indicadores económicos como el PIB. Todo esto ocurrió en una época en que incluso, en Estados Unidos, la tasa de ahorro privado se redujo hasta casi cero, muy probablemente debido a que las familias confiaban en el valor constantemente creciente de sus viviendas, creencia que fue válida hasta que estalló la burbuja inmobiliaria en los años 2006 y 2007. Desde que se originó la recesión y se produjo un considerable descenso en el precio de las viviendas y de las acciones, las tasas de ahorro privado se han incrementado ligeramente. En el momento de escribir este artículo, a mediados de 2010, la más amplia gama de opciones de ahorro no parece haber tranquilizado demasiado a muchas familias recientemente contrarias al riesgo, exceptuando quizá el caso de los bonos del Tesoro protegidos contra la inflación y de algunos fondos de inversión cotizados relacionados con materias primas. Estos dos instrumentos han llegado a considerarse como sistemas de cobertura frente a la posible inflación que podría finalmente originarse como consecuencia de la gran flexibilidad monetaria adoptada por los bancos centrales en el periodo 2008-2009 a fin de evitar que las economías desarrolladas sufrieran una recesión aun más acusada que la provocada por la crisis financiera.

Innovaciones asociadas a la intermediación

Si preguntamos a los economistas acerca de la función de las finanzas que consideran más importante, probablemente la respuesta mayoritaria sería la transferencia efectiva del ahorro a inversiones socialmente productivas. Sin embargo, las innovaciones en materia de *intermediación* financiera son las que han demostrado ser las

más controvertidas de todas las analizadas en este artículo, por lo cual creemos preciso dedicar más atención a estas innovaciones que a las demás.

Si miramos hacia atrás, comprobamos que las muy diversas opiniones existentes con respecto a las innovaciones asociadas a la intermediación se deben en gran medida a que estas acabaron volviéndose enormemente costosas para la financiación inmobiliaria en particular. Sin embargo, este resultado no fue accidental, ya que estuvo muy influido o incluso directamente provocado por las políticas del gobierno estadounidense que llevaron demasiado lejos el fomento de la propiedad de las viviendas, y también por las políticas y actitudes reguladoras que fracasaron a la hora de supervisar unas innovaciones obviamente improductivas. ¿A quién se debe culpar de ello: a unas innovaciones poco oportunas o a las políticas que las facilitaron o que directamente las promovieron? Evidentemente, la respuesta es que a ambas.

Por supuesto, hoy en día, todo el mundo sabe cómo ha sucedido esto. Durante decenios, desde la Gran Depresión, el gobierno estadounidense ha adoptado múltiples medidas para promover la propiedad de las viviendas, incluida la creación de agencias para asegurar, comprar y garantizar títulos respaldados por hipotecas de bienes inmuebles. Además, el régimen tributario federal ha permitido durante mucho tiempo a los contribuyentes deducir los intereses pagados en concepto de préstamos hipotecarios. En 1978 el gobierno federal animó a los bancos depositarios a ampliar los créditos a las familias de rentas más bajas así como a otros prestatarios residentes en barrios de rentas bajas.

Durante años, esa combinación de incentivos e imperativos legales logró incrementar sin cesar la tasa de propiedad de las viviendas hasta llegar a un 64-65% de todas las familias a mediados de los años noventa. Tanto la administración del presidente Clinton como la del presidente Bush, así como el Congreso, querían que dicha tasa siguiera creciendo, basándose fundamentalmente

en la idea de que la propiedad de las viviendas tenía importantes efectos secundarios, ya que los propietarios de viviendas suelen cuidar mejor sus hogares y estar más preocupados por el bienestar de sus barrios que los arrendatarios. Además, la administración Bush consideraba que la propiedad de la vivienda era un elemento esencial de su interés más general en lograr una *sociedad de la propiedad* muy extendida. Conforme a esta opinión, cuanto mayor es el interés de las personas por la propiedad de múltiples activos (viviendas, empresas y otros bienes), mayor será su disposición a aceptar políticas orientadas al mercado.

Independientemente de cuáles sean la razón o las razones exactas, el amplio consenso de los dos partidos políticos estadounidenses en pro del aumento de la propiedad de las viviendas exigía que los créditos hipotecarios se ofrecieran en condiciones asequibles a las personas y familias con ingresos más bajos y menos estables que aquellas otras que en el pasado habían tomado dinero prestado para comprar una vivienda. A su vez, este resultado solo podría lograrse si se flexibilizaban las normas en materia de aseguramiento de hipotecas y los pagos iniciales aplicables a esos *prestatarios de alto riesgo*.

El sector financiero respondió entonces con diversas innovaciones, promovidas por la política federal, pero que solo fueron posibles gracias a una burbuja histórica en los precios de los inmuebles, a la que contribuyeron las innovaciones y las políticas aplicadas. En conjunto, esas innovaciones ofrecieron a millones de estadounidenses con antecedentes crediticios más bien dudosos, muchos de ellos —aunque no todos— con rentas bajas, la posibilidad de acceder a créditos hipotecarios, de modo que al final la tasa de propiedad de las viviendas llegó a ascender hasta el 69% de todos los hogares. Esta proeza no habría podido conseguirse si todas y cada una de las innovaciones que pasamos ahora a describir no se hubieran adoptado y comercializado eficazmente. De hecho, algunas de esas innovaciones eran inofensivas o ligeramente positivas en sí mismas, pero en su conjunto demostraron ser sumamente

peligrosas para el sistema financiero y en última instancia para el resto de la economía:

- A fin de ofrecer a prestatarios de alto riesgo un acceso a hipotecas aparentemente *asequibles*, el subsector de las entidades hipotecarias (hasta cierto punto los bancos, pero en mayor medida una nueva clase de prestamistas hipotecarios que no estaban adecuadamente supervisados o regulados por las autoridades federales) inventó una nueva variedad de hipotecas de tipos de interés variable por las que se aplicaban a los prestatarios unos tipos de interés iniciales muy bajos (el *anzuelo*) que, unos años después, se incrementaban hasta valores superiores a los tipos de referencia de bonos del Tesoro, cuando se suponía que los mayores precios de los inmuebles permitirían a los prestatarios refinanciar fácilmente su deuda. De hecho, esta especie de sistema Ponzi funcionó bien más o menos hasta 2006, cuando los precios de las viviendas dejaron de aumentar, lo cual provocó un incremento de los impagos de préstamos hipotecarios de alto riesgo y, al final, una crisis financiera en toda regla.
- Las entidades hipotecarias no habrían evolucionado satisfactoriamente con la expansión de los préstamos de alto riesgo si no hubieran inventado y propagado a través de los grandes bancos comerciales y de inversión un nuevo instrumento financiero, la obligación de deuda colateral (CDO), que logró transformar lo que en el pasado había sido una innovación socialmente productiva —los *títulos con garantía hipotecaria* que estaban respaldados por hipotecas concedidas a prestatarios de primera calidad—, convirtiéndose así en una especie de Frankenstein financiero. Entre las principales *innovaciones* promovidas por la CDO destacaban la utilización de títulos más recientes respaldados por hipotecas de alto riesgo (y no de primera clase), que por lo común eran suscritas sin verificar los ingresos o el historial laboral de los prestatarios, así como el fraccionamiento de los flujos de

caja generados por esos títulos en distintas clases o *tramos* (como acabaron denominándose), que habían sido concebidos para atraer a inversores con valoraciones distintas del riesgo. Aquellos inversores que preferían los instrumentos más seguros obtenían derechos preferentes con relación a los flujos de caja de las hipotecas, mientras que los inversores de tramos menos seguros, pero de mayor rentabilidad, obtenían derechos subjetivos secundarios. Las CDO fueron causantes principales del exceso de desarrollo del mercado de hipotecas de alto riesgo, porque permitieron que los creadores de las hipotecas se deshicieran de ellas sin importarles en absoluto su calidad, transmitiéndolas a los compradores de los diferentes tramos de los títulos.

- Ahora bien, las CDO, y en concreto sus primeros tramos, supuestamente más seguros, no se habrían vendido sin el advenimiento de nuevos agentes y de otras innovaciones. A pesar de su derecho preferente sobre los flujos de caja, el primer tramo de las CDO no habría sido atractivo para los inversores enemigos del riesgo y ansiosos por la rentabilidad (que estaban sedientos de títulos más seguros y rentables, debido a los bajos tipos de interés impuestos por la Reserva Federal para apoyar la recuperación económica) de no ser porque las agencias de calificación crediticia otorgaron a esos títulos en concreto sus codiciadas calificaciones AAA (las calificaciones inferiores concedidas a los tramos de mayor riesgo eran menos importantes para los otros inversores con tolerancias al riesgo superiores). Cuando se crearon las primeras CDO, las agencias de calificación crediticia se mostraron reacias a ellas —con razón, ya que, en definitiva, las hipotecas *eran de alto riesgo* y las agencias carecían de datos actuariales sobre cómo se comportaban esas hipotecas durante un ciclo económico completo—, pero al final acabaron convenciéndose cuando los bancos y sus aliados hicieron uso de otra innovación reciente, la *permuta de cobertura por*

incumplimiento crediticio (CDS, según sus siglas en inglés). Aunque este instrumento ha sido muy duramente criticado en la prensa popular y en algunos informes periodísticos sobre la crisis financiera, no existe nada intrínsecamente malo en torno a la CDS en sí misma, ya que después de todo es el equivalente funcional del seguro, y precisamente por esta razón, cuando los creadores de CDO añadieron la protección de las CDS —o incluso de seguros explícitos de valores— a los primeros tramos, las agencias les otorgaron sus calificaciones AAA. Posteriormente, las CDS se convirtieron en algo despreciable, no debido a su mala concepción, sino a que una de sus principales sociedades emisoras, AIG, no consiguió ofrecer suficientes garantías colaterales cuando llegó su vencimiento según lo dispuesto en el contrato. Sin embargo, no todos los tramos de las CDO (ni incluso todas las CDO) estaban protegidas con CDS o con seguros de valores, por lo que quienes habían invertido en ellas perdieron muchísimo dinero cuando las hipotecas de alto riesgo empezaron a ser impagadas debido a que los precios de la vivienda dejaron de subir y empezaron a caer en picado. En última instancia, por lo tanto, al facilitar la separación del otorgamiento de las hipotecas del riesgo de mantenerlas hasta su vencimiento, las CDO redujeron en gran medida —cuando no los destruyeron totalmente— los incentivos de las entidades crediticias para suscribir hipotecas de modo prudente.

- Otra peligrosa innovación financiera contribuyó a que se produjese la debacle de las hipotecas de alto riesgo, esto es, la creación y la utilización muy generalizada del ya mencionado *vehículo de inversión estructurada* (SIV) por algunos de los mayores bancos comerciales dedicados a la constitución y comercialización de CDO y de otros títulos arriesgados respaldados por activos. Los SIV eran un mecanismo completamente legal y aparentemente extracontractable en virtud del cual los bancos aparcaban

sus CDO para venderlas al público sin tener que aumentar o mantener capital bancario adicional, tal como era exigido por la normativa vigente en materia de capitales bancarios. Sin embargo, los SIV tenían un talón de Aquiles, ya que se financiaban casi íntegramente (salvo una pequeña parte de capital aportada por los bancos y los inversores externos) por medio de papel comercial a corto plazo, que aunque estaba garantizado por las CDO y otros activos, demostró estar enormemente influenciado por el *pánico* de los acreedores. De hecho, esto es precisamente lo que ocurrió a mediados de 2007, cuando el valor de mercado de estas garantías prendarias empezó a disminuir a medida que bajaban los precios de la vivienda y los compradores de estos *papeles comerciales con garantía de activos* se negaron a refinanciarlos o a suscribir nuevas emisiones. Esto provocó el pánico general respecto a muchos SIV avalados por bancos, y tras un intento fallido del Tesoro estadounidense por organizar un rescate financiado por el propio sector de todos los principales SIV, los bancos redujeron paulatinamente estos y asumieron sus activos, y —lo que es más importante— sus pasivos.

En resumen, los SIV sirvieron como mecanismos temporales, aunque finalmente imperfectos, para la financiación de CDO antes de que pudieran transmitirse a inversores independientes. En este proceso, se les incorporaron las CDO, los créditos hipotecarios de interés variable (ARM) con *anzuelo* y otras innovaciones financieras en materia hipotecaria que durante un tiempo permitieron acceder a préstamos hipotecarios a un colectivo mayor de compradores de viviendas con antecedentes crediticios de riesgo. Al agruparse, esas innovaciones contribuyeron a inflar la burbuja de precios inmobiliarios, de manera que al final estalló e hizo que la práctica de concesión de hipotecas de alto riesgo se detuviese de forma brusca y sumamente dañina.

Ahora bien, las innovaciones asociadas a la intermediación, incluidos algunos préstamos

hipotecarios pignorados, no han sido todas ellas socialmente perniciosas, por lo que este análisis no estaría completo si no mencionásemos aquellas otras que han hecho que la intermediación financiera sea más eficiente y que han mejorado el bienestar social durante los últimos años.

El mejor modo de empezar es hablando del proceso de titulización de activos, que se inició con las hipotecas a principios de los años setenta y más tarde se extendió a otros activos que actuaron como garantía prendaria o colateral. La idea fundamental en la que se basa la titulización —esto es, la normalización de los préstamos y su utilización para garantizar títulos que capten fondos de los mercados de capitales y no solo de los bancos— era y sigue siendo sólida: un conjunto más amplio de medios de financiación, incluso sin el aval implícito del gobierno, hace que se reduzcan moderadamente los tipos de interés y, por consiguiente, que se facilite la inversión. No obstante, el desastre causado por las hipotecas de alto riesgo puso de manifiesto un importante inconveniente de este nuevo modelo de préstamos basado en la *concesión para su distribución*. Al ser distintos aquellos que conceden los préstamos de los que al final los poseen, se reducen los motivos para que los primeros sean prudentes. Hasta cierto punto, los contratos de titulización hacen frente a este problema otorgando a los que compran los préstamos derechos para *devolverlos* a los que los han concedido, siempre que se cumplan determinadas condiciones. Pero estas condiciones son limitadas y muchas veces objeto de controversia. La mejor respuesta es que las entidades que conceden los préstamos y las que titulizan los activos retengan una parte del riesgo crediticio (la Ley Dodd-Frank exige el cinco por ciento, salvo para aquellos títulos que cumplen normas muy rigurosas en materia de aseguramiento), de modo que ambas partes se sientan más inclinadas a hacer un aseguramiento prudente.

Una segunda innovación financiera en este ámbito es la creación y el uso generalizado hoy en día de algoritmos de valoración crediticia aplicables a prestatarios individuales y empresariales.

Estas valoraciones han mejorado la capacidad de las entidades prestamistas para prever y, por lo tanto, para poner un mejor precio al riesgo a través de los tipos de interés que cobran por los préstamos. Además, la valoración crediticia ha ampliado la disponibilidad de los préstamos y, al hacer que las calificaciones crediticias sean más objetivas, ha reducido —aunque no eliminado totalmente— la discriminación racial por parte de los acreedores crediticios.

En último lugar nos referimos a la que probablemente sea la innovación financiera más icónica de los últimos cuarenta años en Estados Unidos y que ha mejorado la transferencia del ahorro a la inversión productiva. Se trata de la formalización y posterior expansión del sector del capital riesgo y, en menor medida, de la inversión providencial (aportaciones de capital a empresas de nueva creación por parte de personas adineradas o de grupos de éstas). A las empresas de capital riesgo (sociedades comanditarias de responsabilidad limitada administradas por el socio o los socios capitalistas de riesgo) se les ha reconocido acertadamente el hecho de haber permitido la creación de algunas de las más famosas empresas estadounidenses como, por ejemplo, Google, eBay, Amazon y Genentech. Durante los últimos diez años, especialmente desde el estallido de la burbuja bursátil de Internet, los inversores de riesgo han abandonado la inversión *semilla* —mediante la cual se aportaba el capital inicial para ayudar a constituir nuevas sociedades— y se han centrado en otras *rondas* posteriores y menos arriesgadas del proceso de financiación. Como era de esperar, los beneficios obtenidos por los socios de las empresas de capital riesgo se han ido a pique, por lo que, después de los enormes éxitos de los años ochenta y noventa, el sector del capital riesgo se encuentra ahora en la encrucijada. No sólo son muy pocas las empresas de capital riesgo que aportan capital semilla, sino que el sector tiene miedo a financiar nuevas empresas intensivas en capital, como las que tratan de desarrollar terapias con nuevos medicamentos o alternativas de *energía limpia* a los combustibles

de carbono. Por consiguiente, la financiación semilla constituye un terreno muy propicio para la innovación futura.

Innovaciones financieras y absorción de riesgos

La cuarta función básica de las finanzas es expandir o asignar el riesgo a aquellas partes que lo deseen y sean capaces de asumirlo. Durante los últimos decenios, han proliferado múltiples instrumentos financieros derivados —esto es, instrumentos financieros cuyo valor depende de algún otro activo *subyacente*— precisamente con ese objeto; así, destacan los contratos de opciones sobre acciones y de futuros financieros negociables en Bolsa y las modalidades de permutas financieras de los mercados extrabursátiles (relativas a intercambios de flujos de caja con tipos de interés diferentes, en monedas distintas, y a posibles incumplimientos de préstamos o *permutas de cobertura por incumplimiento crediticio*).

Estos instrumentos derivados también se han convertido en los principales culpables para los medios de comunicación de las supuestas causas de la crisis financiera. En general, ello se debe a que una de las mayores entidades vendedoras de instrumentos derivados de créditos hipotecarios fue AIG, que quebró en el otoño de 2008 y tuvo que ser absorbida en gran parte por el gobierno federal, mediante un rescate a gran escala dirigido por la Reserva Federal, con el fin de contener el riesgo sistémico cuando este estaba en su apogeo. Según parece, las permutas financieras por impago de créditos hipotecarios también hacen el papel de malo en el popular y muy analizado libro de Michael Lewis titulado *The Big Short*, que ha contribuido a incrementar la ira popular contra esta innovación financiera en concreto.

Debemos hacer algunas aclaraciones con respecto a los instrumentos financieros derivados para poder analizarlos desde una perspectiva adecuada. En primer lugar, estos productos no son nuevos en absoluto: los contratos de opciones (el derecho a comprar un producto o un instrumento a un precio fijo en una fecha concreta) y de futuros (que requieren a su titular comprar

o vender el producto o el instrumento a un precio fijo en su fecha de vencimiento) tienen una antigüedad de siglos y ninguno de ellos ha estado implicado en la reciente crisis financiera. En segundo lugar, la inmensa mayoría de los cientos de billones de dólares —en valor nominal— de los instrumentos financieros derivados más recientes (aquellos cuyo valor está asociado a variaciones en los tipos de interés y los tipos de cambio de las monedas) no ha tenido nada que ver con la crisis. Además, esos instrumentos derivados han sido socialmente beneficiosos, ya que las permutas financieras de tipos de interés y de divisas permiten a las partes con distintas preferencias con relación al riesgo actuar al respecto sin tener que vender los instrumentos subyacentes —préstamos o bonos— a los que se refieren las permutas financieras.

En tercer lugar, incluso la permuta de cobertura por incumplimiento crediticio, quizá el más ajustado de todos los instrumentos financieros derivados, es básicamente una innovación constructiva. Al ser un mecanismo ideado para asegurar contra el incumplimiento crediticio, la CDS ofrece un medio a muchas de las partes implicadas (prestamistas, proveedores, clientes y otros) para cubrirse frente a un hecho adverso muy específico. Incluso cuando esas permutas financieras son compradas por *especuladores* o por otras partes sin interés económico en la deuda subyacente, desempeñan una función muy útil, siempre y cuando los que venden esos instrumentos hayan otorgado suficientes garantías secundarias o fianzas y tengan fondos suficientes para hacer frente a sus contratos (precisamente lo que le faltó a AIG). Sin especuladores —como ocurre en los mercados de opciones donde habitualmente los compradores no poseen el título subyacente sobre el que se basa la opción—, los operadores de cobertura tendrían muchas más dificultades para encontrar otras partes con las que negociar. Otro aspecto quizá igual de importante es que como los mercados de CDS son generalmente mucho más líquidos que los de préstamos o bonos subyacentes, los precios de las

CDS —que reflejan las perspectivas de los operadores de cobertura y de los especuladores— ofrecen indicios más precisos y adecuadamente basados en el mercado acerca de la solvencia financiera de la empresa (u otra entidad emisora) cuya deuda está sujeta a la permuta respecto a los precios de mercado de la propia deuda.

En cuarto lugar, las CDS que tanta atención y mala fama han conseguido representan menos del 5% de todo el mercado de deuda. En la práctica, todas las demás CDS tienen que ver con bonos o préstamos de empresa.

Ahora bien, los mercados extrabursátiles (OTC) de instrumentos financieros derivados no son en absoluto perfectos, ya que están dominados por un puñado de intermediarios financieros; sus precios no son muy transparentes ni oportunos y, como ha demostrado la triste historia de AIG, están expuestos al hundimiento si uno o varios de los participantes principales no pueden cumplir sus obligaciones. Es preciso que esos problemas sean abordados, en gran parte o totalmente, una vez que se desarrolle y aplique toda la normativa en materia de instrumentos financieros derivados OTC contenida en la Ley Dodd-Frank de reforma financiera. En particular, la obligación impuesta en la Ley de que los instrumentos financieros derivados normalizados OTC de todo tipo se compensen en una cámara central debería eliminar los riesgos de impagos en cascada que se producen cuando los contratos de derivados son bilaterales y las partes implicadas solo dependen del cumplimiento de la otra parte y no de una organización central con capacidad para fijar y hacer observar las obligaciones en materia de garantías secundarias y fianzas. Además, la Ley exige que esos contratos normalizados sean negociados en cuasibolsas —*plazas de ejecución de permutas financieras*, un concepto todavía pendiente de definir por las autoridades reglamentarias— y que sus precios sean comunicados con más frecuencia que ahora. A su vez, el aumento de la transparencia hará más fácil especificar las obligaciones de garantías adecuadas y, por tanto, reducirá aún más —aparte

de la cámara central de compensación— la posibilidad de un hundimiento de todo el sistema si uno o más de los principales participantes en el mercado de instrumentos derivados es incapaz de cumplir sus obligaciones.

En resumen, los instrumentos financieros derivados intensifican la capacidad de las partes financieras y no financieras de una economía para cubrir y controlar sus riesgos financieros. El hecho de que algunas partes puedan utilizar esos contratos para apostar con éxito en cuanto al incumplimiento de algunas empresas o de mercados enteros —como ocurrió con las hipotecas de alto riesgo— no desmiente esta premisa fundamental. En todos los mercados siempre hay ganadores y perdedores, pero el que existan ambos no sirve para condenar a los mercados como instituciones, y los instrumentos financieros derivados no constituyen una excepción a esta regla.

Sin embargo, los acontecimientos recientes han puesto de relieve que, precisamente porque los instrumentos financieros derivados han adquirido tanta relevancia y porque algunas de las partes que los negocian están muy relacionadas entre sí y con el resto del sistema financiero, es esencial contar con una infraestructura adecuada que garantice que las dificultades de cumplimiento de las obligaciones por una o varias partes no se extiendan y amenacen con destruir la viabilidad de todo el sistema. Las recientes reformas legislativas llevadas a cabo en Estados Unidos, que probablemente se imitarán en otros países, deberían reducir sustancialmente este riesgo.

POLÍTICAS PÚBLICAS FUTURAS CON RESPECTO A LA INNOVACIÓN FINANCIERA

En el verano de 2010 el Congreso estadounidense aprobó y el presidente ratificó la Ley Dodd-Frank, que se convierte así en la legislación más radical en materia de reforma financiera promulgada en ese país desde la Gran Depresión, lo cual no es sorprendente, ya que la crisis financiera del periodo 2007-2009 ha sido la más grave desde los años treinta y habría sido sorprendente

que el Congreso no hubiera hecho algo para solventarla.

Seguramente los debates se prolonguen durante años en cuanto a los méritos de la Ley Dodd-Frank en su formulación definitiva y, lo que es más importante, al modo en que se lleve a la práctica a través de los más de doscientos reglamentos de aplicación que finalmente convertirán su lenguaje jurídico generalmente ambiguo en directrices reglamentarias mucho más concretas. A medida que las autoridades reguladoras vuelvan a su trabajo habitual y que los legisladores futuros hagan pequeñas modificaciones —o tal vez grandes— a esta ley, sus actitudes con respecto a la innovación financiera serán de capital importancia.

Por ejemplo, si se impone un punto de vista escéptico respecto a la innovación financiera —debido a que las ventajas de la innovación se consideran presuntamente reducidas o a que se teme que los riesgos de daños catastróficos sean importantes—, entonces es probable que los responsables políticos (e incluso los votantes) exijan algún tipo de investigación preventiva y posiblemente impongan imperativos legales antes de autorizar la venta en el mercado de innovaciones financieras. Esta actitud haría que las autoridades reguladoras fueran responsables de examinar detenidamente, en lugar del mercado, la innovación, proceso que podría poner en peligro las propias innovaciones antes incluso de tener estas la oportunidad de ser probadas en el mercado. Por el contrario, un enfoque más abierto y paciente con respecto a la innovación esperaría a que las innovaciones surgieran y después solo las reglamentaría si generaran costes superiores a los beneficios. Este ha sido el planteamiento aplicado hasta ahora con relación a la innovación financiera y constituye el modo generalmente utilizado por la política estadounidense frente a la innovación en el sector real de la economía. Una política basada en *esperar a ver qué pasa* ofrece al mercado la primera ocasión de examinar detenidamente las innovaciones, pero a la vez se corre el riesgo opuesto al enfoque preventivo,

es decir, si las autoridades reguladoras tardan en actuar —debido a su propia negligencia o a fuertes presiones políticas—, pueden permitir que innovaciones socialmente dañinas causen estragos importantes antes de refrenarlas.

Lógicamente, en algunos aspectos sociales resulta conveniente que los responsables políticos adopten un planteamiento escéptico respecto a la innovación. La preocupación en cuanto a posibles consecuencias catastróficas es el motivo por el que el Congreso estadounidense creó el Organismo para el Control de Alimentos y Medicamentos (FDA) que, entre otras cosas, exige que los nuevos medicamentos sean sometidos a múltiples pruebas, tanto en animales como en seres humanos, antes de su venta a los consumidores. De modo análogo, los peligros de fusión accidental del núcleo de un reactor, por muy poco probables que sean, han hecho que desde el inicio de la era nuclear los responsables políticos exijan a las empresas que construyen esas instalaciones la observancia de normas específicas en materia de diseño, resultados y prestaciones. La Comisión Europea ha ido aun más lejos al adoptar el *principio de precaución* en muchas áreas; por ejemplo, en política medioambiental, alimentaria y de protección de los consumidores en general. Pese a que este principio se ha aplicado de modo distinto según los contextos, en lo fundamental significa que siempre que existan argumentos verosímiles para pensar que actividades o productos nuevos —o ya existentes— representan un riesgo para la salud humana o el medio ambiente, los responsables políticos pueden reglamentarlos por adelantado (o incluso prohibirlos).

Ahora bien, aparte de las pocas excepciones aplicables a la industria farmacéutica y a la energía nuclear, la política reglamentaria y social de Estados Unidos no ha adoptado el principio de precaución y, por tanto, ha evolucionado de forma muy distinta a la europea. El gobierno estadounidense solo regula si existen pruebas razonablemente claras de efectos secundarios perjudiciales, y además —siempre que la legislación subyacente lo permita— solo en el caso

de que los beneficios de reglamentar superen a los costes y de que las nuevas normas supongan la vía menos costosa para conseguir esos beneficios².

Por lo tanto, ¿qué modelo debería aplicarse a la innovación financiera en el futuro? ¿el preventivo aplicado al sector farmacéutico y a la energía nuclear o el basado en *esperar a ver qué pasa*, generalmente adoptado en la mayoría de los demás contextos? Las autoridades reglamentarias de Estados Unidos y del resto del mundo deberán responder a esta cuestión en el futuro. A pesar de los evidentes daños causados por la reciente crisis, pensamos que, en general, la innovación financiera debería seguir siendo investigada en primer lugar por los mercados y después por las autoridades reguladoras, al menos por los dos motivos que se exponen a continuación.

En primer lugar, a diferencia de la industria farmacéutica, es difícil, si no imposible, efectuar pruebas clínicas en el sector financiero. Los nuevos medicamentos pueden probarse, y se prueban, en poblaciones muestrales, primero en cuanto a su seguridad y después a su eficacia. Si superan ambas pruebas, la FDA supone razonablemente que sus efectos en una población representativa pueden extrapolarse a toda la población. Por el contrario, aunque teóricamente es posible probar un nuevo producto financiero (por ejemplo, una hipoteca en una población muestral), es probable que sus efectos en esa muestra dependan mucho del momento en que se haga la prueba. Las hipotecas de interés variable y de alto riesgo con tipos de interés iniciales *de anzuelo* muy bajos que se difundieron en 2002 y 2003 podrían haber sido bastante seguras, porque por aquel entonces los precios de la vivienda no cesaban de aumentar, lo que permitía a los prestatarios refinanciarlas posteriormente. Sin embargo, esas mismas hipotecas, al difundirse en 2006 o 2007, cuando los precios inmobiliarios habían llegado a su punto máximo, tendrían un volumen de impagos mucho más alto, que fue precisamente lo que ocurrió. Dicho de otro modo, los resultados de la *prueba clínica* de un producto financiero en un momento

determinado no pueden extrapolarse con seguridad a otros momentos distintos.

Evidentemente, una posible respuesta a este problema sería probar los nuevos productos financieros durante un ciclo económico completo antes de permitir su comercialización en el mercado, pero esto haría que tales productos sufrieran un considerable retraso y, por tanto, seguramente reducirían los incentivos de innovación de las instituciones financieras.

En segundo lugar, el peligro de que la investigación preventiva congele la innovación productiva, incluso sin el retraso reglamentario que acabamos de sugerir, es otro de los importantes motivos que generalmente se utilizan para rechazar el enfoque preventivo con respecto a la regulación del mundo financiero. Si los responsables políticos estadounidenses hubieran adoptado el enfoque de precaución o el preventivo en lugar de su estrategia de *esperar a ver qué pasa* respecto a la reglamentación, es posible que muchas de las innovaciones que conforman nuestra vida actual se hubieran llevado a la práctica mucho más tarde o tal vez nunca: el automóvil (con sus efectos secundarios de más de 40.000 muertes al año), el avión (también con su propio porcentaje de siniestros, aunque muy inferior al de los coches) o incluso Internet (que utilizan no solo ciudadanos corrientes, sino también terroristas y delincuentes).

Sin duda, los defensores de la investigación preventiva del mundo financiero alegarían —seguramente siguiendo el ejemplo escéptico de Paul Volcker respecto al valor social de la innovación financiera en general— que como es probable que los beneficios de la innovación en el ámbito financiero sean menores que en el sector real y que los peligros de innovación dañina sean muy superiores, la innovación financiera debería ser tratada, a efectos reglamentarios, de modo distinto a la innovación en el sector real. El resumen de las innovaciones financieras que expusimos anteriormente ofrece una valoración mucho más optimista que esta que acabamos de mencionar. Además, los argumentos en favor de la

² El equilibrio entre costes y beneficios y la obligación relativa al coste mínimo de la reglamentación se han plasmado de un modo u otro en decretos presidenciales desde la época del presidente Ford.

prevención asumen —incorrectamente en nuestra opinión— que la regulación según el enfoque de *esperar a ver qué pasa* no puede mejorarse.

Sin embargo, creemos que sí puede mejorarse, en parte precisamente porque las autoridades reguladoras se equivocaron, como ellas mismas han reconocido, en el periodo previo a la última crisis. Una de las consecuencias positivas de la crisis es que ha mostrado a los responsables democráticamente elegidos los peligros de obstaculizar iniciativas reglamentarias destinadas a actuar rápida y drásticamente contra productos y prácticas que permitan que las burbujas de activos se extiendan demasiado y después estallen con consecuencias desastrosas. Al menos durante mucho tiempo, las autoridades reguladoras —en concreto, el nuevo Consejo de Riesgo Sistémico de las autoridades reguladoras de Estados Unidos creado por la Ley Dodd-Frank— no solo tendrán más libertad para actuar, sino también *la obligación legal de hacerlo* a fin de impedir que futuras burbujas, especialmente las promovidas por el apalancamiento financiero, estén fuera de control.

Otra de las lecciones aprendidas de la reciente crisis es que pueden formarse burbujas potencialmente peligrosas cuando determinadas clases de activos o instrumentos financieros específicos *crecen muy rápidamente*. Las futuras autoridades reguladoras serán mucho más efectivas en sus actuaciones para identificar e impedir burbujas futuras y, por tanto, posibles fuentes de crisis sistémicas, si tienen en cuenta señales importantes de peligro *basadas en los mercados*, como las que estos lanzaron en el caso de las permutas de cobertura por incumplimiento crediticio, que los reguladores podrían utilizar para justificar sus propias y tempranas acciones preventivas. Además, este uso potencial de las CDS es un motivo importante por el que los intentos de las autoridades reguladoras en algunos países de prohibir o limitar las CDS sin la correspondiente garantía prendaria o las ventas en descubierto están gravemente equivocadas, ya que lo que así pretenden es matar al mensajero, cuando lo que

realmente necesitamos es recibir más mensajes del mercado que ayuden a las autoridades reguladoras y a los responsables políticos.

Por último, pese al firme argumento general en pro del enfoque de esperar a ver qué pasa respecto a la reglamentación financiera, es posible que existan algunos aspectos de las finanzas en los que pueda estar justificado el mucho más molesto enfoque preventivo respecto a la innovación. Uno de esos ámbitos podría ser el de los productos financieros que implican la formalización de contratos a largo plazo por los consumidores, como las hipotecas (cuando toman dinero a préstamo) o los seguros de rentas (para la jubilación). Existen muchos estudios sobre finanzas conductuales que muestran que las personas no son siempre racionales en sus decisiones de inversión. Se trata de un comportamiento peligroso, cuando incluso personas bien informadas contraen compromisos financieros a largo plazo, con penalizaciones muy elevadas —en el caso de las hipotecas— o quizá sin posibilidades de realización —en el caso de los seguros de rentas— cuando cambian de opinión en el futuro. En esos casos, podría ser necesaria la aprobación preventiva del diseño de los propios productos financieros a fin de impedir que muchos consumidores queden atrapados por medio de compromisos financieros caros o potencialmente peligrosos. Ahora bien, esta excepción debe mantenerse como tal y no convertirse nunca en la regla.

En resumen, un análisis imparcial de la innovación financiera llevada a cabo durante los últimos años nos muestra un panorama más positivo que el puesto de relieve por algunos observadores escépticos. Sin embargo, independientemente del modo en que valoremos la innovación financiera pasada, la reciente crisis nos enseña que los responsables políticos deben ser más rápidos en corregir los abusos en el momento en que surgen e impedir que las innovaciones financieras destructivas causen el tipo de estragos económicos que, por desgracia, acabamos todos de presenciar.

BBVA

La industria financiera y la crisis: el papel de la innovación

Xavier Vives*

IESE Business School

INTRODUCCIÓN

La aceleración del proceso de liberalización y de globalización del sector financiero que empezó en la década de los años setenta en los Estados Unidos, fundamentado en cambios en la tecnología de la información y espoleado por ellos, no se ha visto acompañada por un desarrollo paralelo de la regulación del sistema, cuyo grado de inestabilidad ha aumentado. La innovación financiera en productos derivados y titulizaciones, alimentada por una política monetaria laxa, ha generado una burbuja en la oferta de crédito y el mercado de la vivienda que ha culminado con la crisis desatada por las hipotecas *subprime* en 2007. Históricamente, cambios tecnológicos importantes, como el ferrocarril, el automóvil o Internet, han ido asociados a burbujas especulativas en un contexto de gran asimetría informativa y de sesgos en las predicciones. Los efectos de la innovación financiera en los derivados y titulizaciones no han sido una excepción.

¿Cuáles han sido los mecanismos que han llevado a este resultado? ¿Cómo se pueden prevenir o paliar posibles crisis en el futuro? ¿Hay que limitar la innovación? ¿Qué papel debe jugar la regulación?

Para responder a estas preguntas hay que entender el papel de la innovación financiera en la transformación de la banca y los mercados

financieros, evaluar si ha contribuido a aumentar el riesgo y la fragilidad del sistema, situar la contribución de la regulación en contexto, y tener en cuenta la relación entre crecimiento económico e innovación en la industria financiera.

El presente capítulo aborda el papel de la innovación financiera en la transformación de la banca y en el desarrollo de la crisis, los efectos de la titulización de activos, la reforma de la regulación y el papel de los incentivos de los agentes.

LA INNOVACIÓN FINANCIERA Y LA TRANSFORMACIÓN DE LA BANCA

Dos periodos se distinguen en la historia reciente del sector financiero. Un primer periodo de regulación estricta, intervencionismo y estabilidad desde los años cuarenta hasta los setenta, seguido de un periodo de liberalización y mayor inestabilidad desde los años setenta que culmina en la crisis desatada por las hipotecas *subprime* en 2007. La estabilidad del primero contrasta con el aumento considerable del número de quiebras y crisis en el posterior, en el cual el sector fue liberalizado. El origen del aumento de la inestabilidad está en la liberalización acompañada de una inadecuada regulación como muestran las crisis en Estados Unidos, Japón, y Escandinavia¹. A pesar de estos episodios

* Centro Sector Público-Sector Privado de IESE Business School. Agradezco la excelente ayuda de investigación prestada por Karla Perca y el patrocinio de la cátedra Abertis de Regulación, Competencia y Políticas Públicas.

¹ Véase Reinhart y Rogoff (2009) y el análisis en la sección 2 de Vives (2010a).

de crisis, la liberalización financiera ha contribuido al desarrollo financiero general y, por lo tanto, al crecimiento de la economía.

La liberalización del sector financiero no se puede explicar sin la innovación financiera. Junto a ella se ha dado el proceso de globalización del sector financiero y el movimiento del «valor para el accionista» que ha afectado al mercado del control corporativo de bancos y empresas y ha presionado a los bancos para obtener rentabilidades elevadas.

En el segundo periodo se ha producido un gran número de innovaciones en medios de pago (tarjetas de crédito y débito), en el procesamiento de transacciones (cajeros automáticos, banca telefónica y electrónica, comercio electrónico de activos financieros), medios de ahorro (como los fondos de inversión, productos estructurados), créditos (automatización con *credit scoring*), y técnicas de cobertura de riesgo (instrumentos derivados y titulización). Los avances en las tecnologías de la información están en la base de estos desarrollos que aumentan la productividad, permiten diversificar mejor el riesgo, y generan economías de escala en las actividades internas así como la necesidad de capital humano muy cualificado y especializado.

Hasta la crisis de 2007 la banca fue evolucionando desde el negocio tradicional de recibir depósitos y conceder y supervisar préstamos hacia la provisión de servicios a inversores (gestión de fondos de inversión/activos, asesoría y seguros) y empresas (consultoría, seguros, fusiones y adquisiciones, colocación de acciones y emisión de deuda, titulización, gestión de riesgo), y la realización de inversiones con fondos propios. En un conglomerado financiero podemos identificar un banco minorista, un banco de inversión o corporativo, la gestión de activos, inversiones con fondos propios, y seguros. El ahora infame modelo bancario de «originar y distribuir» es un buen ejemplo del proceso evolutivo de la banca. Al mismo tiempo, aunque los bancos crearon vehículos fuera del balance (SIV, ABCP *conduits*) estos fueron asegurados con líneas de liquidez.

Los avances en la tecnología de la información han hecho que los intermediarios y los mercados financieros se entrelacen fuertemente. La importancia de la cartera de inversión valorada a precios de mercado de un banco ha crecido de forma importante. La razón es el aumento de las posibilidades de comercio de activos que hace que el perfil de riesgo de una entidad pueda ser cambiado en cuestión de segundos con operaciones financieras de mercado (utilizando derivados y comercio electrónico, por ejemplo). La banca ha aumentado su financiación en el mercado, y en particular en fondos a corto plazo que pueden ser retirados de forma muy rápida. El resultado es que la banca queda más expuesta a los vaivenes y volatilidad del mercado, fenómenos de comportamiento de rebaño, y ciclos en los precios de los activos de formación de burbujas especulativas y su posterior implosión². Como consecuencia el riesgo de iliquidez se acentúa. Por otra parte, los gestores pueden tener incentivos renovados a tomar riesgos excesivos, y ocultos a los ojos de los inversores —que son importantes pero se materializan con probabilidad muy pequeña (*tail risk*), debido a esquemas de compensación que se basan en los resultados relativos a otros gestores a corto plazo³. La compensación efectiva de los gestores, de acuerdo con los accionistas de los intermediarios financieros, tiene gran potencial al alza en tiempos buenos y rigidez en tiempos malos (en términos técnicos, es fuertemente convexa) y comporta un incentivo a tomar un riesgo excesivo. Paradójicamente, el aumento en la profundidad de los mercados financieros puede haber ido acompañada de un aumento importante del riesgo sistémico (Rajan, 2006). El desarrollo de la crisis constituye un buen ejemplo.

EL DESARROLLO DE LA CRISIS Y LA REGULACIÓN

En la crisis actual el contagio se ha exacerbado por canales de mercado. La globalización del mercado financiero conduce potencialmente a una mayor diversificación, pero también a más posibilidades de contagio con efectos dominó entre entidades y contagios por problemas

² Véanse capítulos 6 y 8 en Vives (2008).

³ Además, si los inversores demandan títulos financieros con rendimientos seguros e ignoran riesgos improbables (*tail risk*) la emisión de títulos será excesiva y el mercado frágil en el momento en que los inversores se den cuenta del riesgo asumido (véase Gennaoli et al. (2010)).

de información. El resultado fue el colapso del mercado de papel comercial con garantía de activos (a través de las titulaciones) y del mercado interbancario. La financiación mayorista ha acentuado la fragilidad y se ha manifestado como una debilidad crucial en el balance de las entidades financieras como muestran los casos de Northern Rock y Lehman Brothers (Shin, 2009; Adrian y Shin, 2010). El apalancamiento se mueve de manera procíclica con la contabilidad a valores de mercado. Cuando los valores de los activos suben se fortalece el balance de las entidades permitiendo un mayor endeudamiento, y nuevas compras de activos alimentan el ciclo alcista de los precios y del apalancamiento. El proceso se invierte cuando se produce el desapalancamiento en la fase posterior de la crisis⁴.

En el epicentro de la crisis está el modelo de originar y distribuir que da lugar a una pirámide invertida de productos derivados complejos basados en las hipotecas *subprime*. En el modelo de originar y distribuir los bancos tratan de deshacerse del riesgo crediticio originando préstamos hipotecarios y titulizándolos rápidamente en una cadena de productos estructurados crecientemente complejos. El problema del modelo es que deja la supervisión de las hipotecas en un limbo, es opaco y, dada la complejidad de los productos, lleva a una subvaloración del riesgo. Además, el riesgo hipotecario vuelve al balance de los bancos cuando los vehículos de inversión estructurados (SIV) tienen problemas de liquidez debido a los compromisos explícitos e implícitos que mantienen las entidades. La subvaloración del riesgo se ve agravada por el uso de modelos estadísticos basados en series cortas y correlaciones históricas (y distribuciones con poco peso en los extremos) sin tener en cuenta el riesgo sistémico generado por los nuevos productos y los altos niveles de apalancamiento. Se ha abusado de modelos mecánicos de valoración del riesgo que funcionan solamente en un rango de parámetros muy limitados.

La opacidad de los nuevos instrumentos financieros derivados (entre otros elementos

debido a las transacciones *over the counter* —OTC— que dificultan la evaluación agregada del riesgo de contrapartida) conduce a la subestimación del enorme riesgo sistémico acumulado en el sistema así como un problema muy severo de selección adversa al no saberse cuándo estalla la crisis, la magnitud o la distribución de las exposiciones a los productos tóxicos derivados de las hipotecas *subprime*. Este problema de información asimétrica paraliza los mercados interbancarios y los hace ilíquidos.

Una cadena de incentivos alineados incorrectamente lleva a la catástrofe. Las agencias públicas en los Estados Unidos impulsan las hipotecas *subprime* para que se den a familias con pocas posibilidades de devolver el préstamo, las agencias de calificación crediticia, alineadas con los emisores, compiten para dar las calificaciones más favorables a los productos más arriesgados, y la compensación cortoplacista de los gestores financieros induce a la toma de riesgos excesivos (esto vale tanto para los originadores y distribuidores de los productos complejos como para los compradores). Esta cadena se alimenta con tipos de interés muy bajos que financian la burbuja inmobiliaria. La política monetaria solamente apunta a la inflación sin preocuparse de las burbujas en los precios de los activos y de la situación del balance de las entidades financieras.

Una regulación inadecuada ha permitido y agravado la crisis. En primer lugar, una regulación dual que permite el arbitraje regulatorio entre el sector regulado de las entidades de depósito y el sistema bancario paralelo de los vehículos estructurados y la banca de inversión. En segundo lugar, unos niveles de requisitos de capital insuficientes en cantidad y calidad. A los bajos niveles de capital se añaden bajos niveles de liquidez que introducen una mayor fragilidad en el sistema. El apalancamiento ha tendido al alza. A ello se añade que las ratios de capital en lugar de modular el ciclo lo acentúan al ser fijos durante el ciclo. Además, en el ciclo del apalancamiento la contabilidad según valor de mercado tiene propiedades procíclicas. La regulación no

⁴ Véase capítulo 2 en EEAG (2009).

ha tenido en cuenta el riesgo sistémico, el regulador ha tenido la necesaria información sobre el mismo, ni las instituciones potencialmente sistémicas han tenido un tratamiento diferenciado. La opacidad del sistema bancario paralelo y de los mercados de derivados no organizados OTC han contribuido a ocultar el riesgo sistémico. Finalmente, el importante papel que en la regulación desempeñan las agencias de calificación crediticia (por ejemplo, en la determinación de las necesidades de capital) ha sido guiado por una competencia a la baja en estándares sin supervisión adecuada del regulador.

LOS EFECTOS DE LA TITULIZACIÓN DE ACTIVOS

Dado el papel central que las titulizaciones de activos han tenido en la crisis actual vale la pena analizar con más detalle sus ventajas e inconvenientes. Caben pocas dudas de que la titulización ha permitido un mayor desarrollo de los mercados financieros, y la expansión del crédito, y de que ha contribuido al crecimiento económico. Sin embargo, la reciente crisis financiera ha puesto de manifiesto las debilidades de esta innovación, tales como los incentivos a una excesiva expansión del crédito en detrimento de la calidad de los préstamos y complejidad de los productos estructurados a partir de dichos préstamos, que dificultó a los inversores la evaluación de los riesgos a los que estaban expuestos. El resultado fue un aumento sustancial y oculto del riesgo sistémico.

Expansión del crédito y arbitraje regulatorio

Las entidades bancarias pueden a través de la titulización convertir préstamos ilíquidos, como los hipotecarios, en instrumentos capaces de ser comercializados. La dispersión del riesgo de crédito entre inversores con diferentes apetitos por el riesgo permite un uso más eficiente del capital y los bancos cuentan con una fuente de financiación adicional que les permite ofrecer más créditos. Al mismo tiempo la titulización permite reducir los requerimientos de capital impuestos por la regulación al vender los

préstamos a vehículos fuera de balance. Estos préstamos pueden desvincularse totalmente o no de la entidad originadora con el objetivo de reducir los requerimientos de capital⁵. Naturalmente, la capacidad de sostener un nivel de oferta de crédito con menos capital permitió a los bancos reducir el coste de financiación para los prestatarios y que algunos sectores de la población que normalmente no habrían tenido acceso al crédito pudieran solicitar préstamos hipotecarios (y de otros tipos)⁶.

Deterioro de la calidad de los préstamos

El modelo de originar y distribuir dio lugar a la aplicación de criterios menos estrictos para la selección de los receptores de crédito, así como a menores incentivos para el seguimiento de los prestatarios. La capacidad de trasladar (como mínimo en parte) el riesgo a otros inversores rápidamente a través de productos estructurados y la suposición de que la refinanciación de los préstamos hipotecarios era siempre posible dado el incremento sostenido del precio de la vivienda, generaron el deterioro de los estándares aplicados a la evaluación del riesgo de impago de los prestatarios. Esta situación incrementó el riesgo en el sistema financiero (Keys *et. al.*, 2008).

Aumento del riesgo sistémico

La titulización permite a los bancos transferir el riesgo hacia inversores más dispuestos a asumirlo. Sin embargo, al evaluar la capacidad de diversificación del riesgo de la titulización, debe tenerse en cuenta que mientras se reducen riesgos diversificables se incrementa el riesgo sistémico. Así, ante un evento que afecte negativamente a la economía en su conjunto como una bajada de los precios inmobiliarios, los productos estructurados se verán más afectados que títulos tradicionales de igual calificación crediticia (Colval *et. al.*, 2008). Al mismo tiempo el riesgo de liquidez también aumentó, con una importante contribución al riesgo sistémico, dado que los vehículos fuera de balance se financiaban mediante la emisión de papel comercial,

⁵ En el marco del acuerdo de Basilea I, al vender los préstamos a vehículos fuera de balance los bancos fueron capaces de reducir el capital que necesitaban para cumplir con la regulación. En el marco de Basilea II los bancos podían transferir los préstamos a vehículos fuera de balance y proporcionarles líneas de liquidez, convirtiéndolos en instrumentos de calificación máxima (triple A). De esta manera, los bancos podían volver a comprar estos instrumentos y colocarlos en su balance, reduciendo los requerimientos de capital (véase Brunnermeier (2009) y cap. 2 en EEAG (2009)).

⁶ Véase ECB (2008). Sabry y Okongwu (2009), por ejemplo, muestran que la titulización en los Estados Unidos ha tenido como consecuencia una mayor disponibilidad de crédito y menores costes de los préstamos. En el periodo 1999 a 2006, un incremento del 10% en el uso de titulizaciones conlleva una reducción de entre 4 y 64 puntos en los *spreads* de rendimiento de los préstamos, dependiendo del tipo analizado (hipotecarios, para compra de automóviles o mediante tarjetas de crédito).

respaldado en préstamos hipotecarios de largo plazo, pero con vencimientos de corto o mediano plazo (noventa días y un año en promedio, respectivamente). Así, el principal y los intereses se pagaban en parte con el flujo de caja generado por los préstamos hipotecarios, y el resto se pagaba emitiendo nuevos títulos. Además, los bancos incrementaron aun más este riesgo al asignar líneas de crédito de emergencia a sus vehículos (*liquidity backstops*) en caso de que temporalmente no pudieran cumplir con el pago a los inversores⁷.

Finalmente, los productos estructurados a partir de préstamos, muchas veces concedidos sin atender al riesgo de crédito, son difíciles de evaluar. La estructura de estos productos, contruidos a partir de un conjunto de préstamos, posteriormente divididos en tramos con diferentes calificaciones de riesgo, y generalmente estructurados nuevamente en nuevos títulos complejos (retitulización mediante CDO *-collateralized debt obligations*), puede generar finalmente la pérdida de información sobre los riesgos a los que se está expuesto, debido a la distancia de los préstamos subyacentes que implica la incapacidad de hacer una evaluación directa. Esta opacidad derivada del proceso de titulización se considera un factor crucial en la pérdida de confianza en el sistema financiero que finalmente generó el estallido de la crisis⁸.

Complejidad y agencias de evaluación del riesgo

Debido a la complejidad de los productos estructurados, las decisiones de compra de los inversores se basaron en gran medida en las calificaciones ofrecidas por las agencias de calificación de riesgo. Dos problemas se hicieron evidentes a partir de la crisis de las hipotecas *subprime*. En primer lugar, se utilizó la misma escala de calificación para los tramos estructurados que para los productos tradicionales. Sin embargo, una de las características de los productos estructurados es su capacidad de transformar préstamos arriesgados en instrumentos de alta calificación a través de la creación de

tramos según la prioridad de pagos, dirigidos a inversores con diferentes apetitos por el riesgo⁹. De esta manera, los inversores podían acceder a productos de máxima calificación pero con mayor rentabilidad que un bono tradicional. Asimismo, los bancos se aseguraron de que los tramos de pagos se diseñaran de tal manera que estuvieran justo en el límite inferior necesario para ser calificados como triple A (*rating at the edge*). En segundo lugar, los inversores no tuvieron en cuenta que las calificaciones de riesgo se basaban en cálculos solo respecto al riesgo de impago, y no los riesgos de modificaciones a la baja de las mismas calificaciones de riesgo o de cambios en las condiciones del mercado inmobiliario (FMI, 2008). Otro factor que ha contribuido a la calificación favorable de los productos estructurados frente a los bonos tradicionales es el hecho de que las empresas de calificación cobrasen comisiones más altas a los emisores por los productos estructurados.

LA REFORMA DE LA REGULACIÓN Y LOS INCENTIVOS

La innovación financiera, como cualquier avance tecnológico, puede contribuir a una mayor eficiencia de la economía o bien a actividades que proporcionan beneficios privados junto con costes sociales (externalidades negativas). Las innovaciones que completan los mercados, proporcionando instrumentos financieros con posibilidades nuevas de diversificación y cobertura de riesgos (opciones y futuros, por ejemplo), y las que ayudan a la superación de problemas de información asimétrica (el contrato típico de deuda, por ejemplo) son beneficiosas. Ejemplos de la segunda posibilidad son los instrumentos financieros que permiten la captura de rentas (*rent seeking*), la explotación de los inversores o consumidores mediante la ofuscación, la inflación de burbujas especulativas, el aumento de la fragilidad del sistema, y el arbitraje regulatorio cuando la regulación es adecuada. Prominentes economistas y decisores públicos (como Paul Volcker, lord Turner, Paul Krugman o Simon Johnson, junto con James

⁷ Véase cap. 2 en EEAG (2009) y Brunnermeier (2009).

⁸ Véase por ejemplo Gorton (2008), Brunnermeier (2009) y cap. 2 en EEAG (2009).

⁹ Alrededor del 75% de las hipotecas *subprime* de los Estados Unidos han sido titulizadas. De este porcentaje, el 80% fue financiado por tramos de títulos calificados como AAA «senior» (FMI, 2008).

Kwak) han proclamado después de la crisis su escepticismo sobre la contribución beneficiosa de las innovaciones financieras. A pesar de ello es evidente que muchas innovaciones financieras han contribuido al crecimiento económico, y la relación entre desarrollo financiero y desarrollo económico está bien establecida (Levine, 2005). Pensemos además que la innovación financiera (el capital riesgo, por ejemplo) también ha sido importante para el desarrollo de nuevas tecnologías y empresas innovadoras en distintos sectores¹⁰.

Lo que determina el uso de la innovación son los incentivos de los agentes económicos, a su vez influenciados por el marco regulador. Por ejemplo, se cuestiona hasta qué punto la misma presión para generar valor para el accionista y posibles fallos en los mecanismos de gobierno corporativo han contribuido a la crisis. La responsabilidad limitada de los accionistas en un contexto en donde hay seguros de depósito y políticas explícitas o implícitas de TBTF (*too big to fail*), hace que estos demanden la asunción de riesgos elevados, puesto que los beneficios son privados y las pérdidas en caso de quiebra se socializan en gran medida. Los accionistas permiten entonces contratos de compensación para los ejecutivos que incentivan la toma de riesgo al hacer la remuneración insensible a la baja pero muy sensible al alza. Hay evidencia reciente de que esto ha sucedido en el periodo previo a la crisis¹¹. Naturalmente, pueden existir además problemas adicionales de agencia (conflicto de intereses) entre los accionistas y los ejecutivos, y entre los ejecutivos y los *traders* de los intermediarios financieros.

La cuestión entonces es de incentivos y de reforma del marco regulador de manera que los agentes privados internalicen los posibles costes sociales de sus decisiones. La reforma de la regulación que está en marcha será exitosa si logra adecuarse a los siguientes principios: existencia de un regulador del riesgo sistémico; homogeneidad de la regulación para todas las entidades que hagan funciones de bancos (para

evitar el arbitraje regulatorio); primas de riesgo y limitaciones a la actividad en consonancia con las características de los intermediarios; requisitos de capital y tasas que tengan en cuenta el riesgo sistémico; y un enfoque global que alinee los incentivos de los distintos agentes del sistema tanto nacional como internacionalmente.

El proceso de reforma de los requisitos de capital y de liquidez (denominado Basilea III), y las reformas legislativas en la U.E. y en Estados Unidos apuntan en la dirección correcta, aunque con posibles limitaciones y, dada su falta de concreción, todavía es pronto para evaluar si serán suficientes (Vives, 2010b). Por ejemplo, el acta Dodd-Frank de julio de 2010 en Estados Unidos ha establecido diversas medidas para intentar alinear los incentivos privados y sociales en productos o mercados innovadores. Las operaciones con derivados por parte de los bancos se deberán realizar a través de organismos centralizados y no en transacciones OTC, que quedan bajo supervisión federal. Así, por ejemplo, se quieren evitar las cascadas de pérdidas por la quiebra de un participante importante en el mercado OTC de CDS (*credit default swaps*) que ofrece protección frente al impago de un crédito o un bono. Al mismo tiempo se establecen reglas prudenciales y de transparencia para que el mercado de titulaciones recupere su papel crucial en la financiación de la economía. Por ejemplo, la entidad originadora deberá retener una parte del riesgo (un 5%) para que así mantenga los incentivos a supervisar los créditos. Se establece también una agencia de protección del consumidor como elemento que ayude a recuperar la confianza de los inversores y a superar los conflictos de interés que han contagiado al sector. Esta agencia puede ser instrumental para aumentar la transparencia para los consumidores e inversores, promover la comparación de productos y servicios financieros entre distintos oferentes, y evitar los efectos perniciosos de innovaciones que aumentan la opacidad.

Algunos aspectos de la reforma reguladora se pueden cuestionar. En relación con las

¹⁰ Véase Litan (2009) para una defensa de muchas innovaciones financieras.

¹¹ Véanse Fahlenbrach y Stulz (2009), Cheng *et al.* (2010), Bebchuk y Spamann (2010), y Bebchuk, Cohen y Spamann (2010). En este sentido se puede interpretar también la afirmación de Chuck Prince, CEO de Citigroup (*Financial Times*, Julio 2007): «When the music stops, in terms of liquidity, things will be complicated. But as long as the music is playing, you've got to get up and dance. We're still dancing».

reformas propuestas en el gobierno corporativo del sector financiero, es discutible que sean efectivas si no se ataca el problema fundamental de los incentivos generados por el seguro de depósito y los rescates de entidades TBTF que, junto con la responsabilidad limitada, inducen a los accionistas a querer tomar excesivo riesgo desde el punto de vista social. En relación con la reforma en los mercados, no es evidente que las limitaciones a las ventas a corto o al descubrimiento impuestas en algunos países sean deseables cuando el problema de fondo es de manipulación del mercado.

CONCLUSIÓN

La innovación financiera ha sido acusada de desestabilizar al sector bancario y a los mercados financieros y de ayudar a los operadores a soslayar los requisitos de la regulación. Sin negar instancias consistentes con las acusaciones (como el abuso en determinados productos estructurados complejos) hay que poner énfasis en una regulación inadecuada más que en la innovación en sí como la raíz del problema. Por ejemplo, los mercados de derivados proporcionan oportunidades de cobertura a los agentes económicos y señales informativas que agregan la información dispersa en el mercado y este papel se puede preservar con el comercio en mercados organizados, la supervisión, y la transparencia del riesgo de contrapartida. La titulización en sí es una innovación que permite transferir el riesgo y diversificar y, por consiguiente, un aumento del crédito disponible para la economía. Los problemas detectados se derivan de una cadena de incentivos incorrectos en el marco de una regulación deficiente.

La innovación es necesaria para el desarrollo del sistema financiero que, a la vez, es una pieza fundamental del crecimiento económico. El reto consiste en establecer una regulación que permita el desarrollo de la innovación, de la globalización, y del sistema financiero alineando los incentivos privados con los sociales.

REFERENCIAS

- ADRIAN, T., y H.S. SHIN (2010), «Liquidity and Leverage», *Journal of Financial Intermediation* 19(3), pp. 418-437.
- BANCO CENTRAL EUROPEO (2008), *Monthly Bulletin*, febrero.
- BEBCHUK, L., A. COHEN y H. SPAMANN (2010), «The Wages of Failure: Executive Compensation at Bear Stearns and Lehman 2000-2008», *Yale Journal on Regulation* 27(2), pp. 257-282.
- BEBCHUK, L., y H. SPAMANN (2010), «Regulating Bankers' Pay», *Georgetown Law Journal* 98(2), pp. 247-287.
- BRUNNERMEIER, M. (2009), «Deciphering the Liquidity and Credit Crunch 2007-2008», *Journal of Economic Perspectives* 23(1), pp. 77-100.
- CHENG, I.-H., H. HONG y J. SCHEINKMAN (2010), «Yesterday's Heroes: Compensation and Creative Risk-Taking», mimeo.
- COLVAL, J., J. JUREK y E. STAFFORD (2008), «The Economics of Structured Finance», Working Paper 09-060, Harvard Business School.
- EEAG (2009), «The EEAG Report on the European Economy 2009», Múnich: CESifo.
- FAHLENBRACH, R., y R. STULZ (2009), «Bank CEO Incentives and the Credit Crisis», ECGI Finance Working Paper 256.
- FONDO MONETARIO INTERNACIONAL (2008), «Global Financial Stability Report: Containing Systemic Risks and Restoring Financial Soundness», abril.
- GENNAIOLI, N., A. SHLEIFER y R. VISHNY (2010), «Financial Innovation and Financial Fragility», NBER Working Papers 16068.
- GORTON, G. (2008), «The Subprime Panic», Yale ICF Working Paper n.º 08-25.
- KEYS, B., T. MUKHERJEE, A. SERU y V. VIG (2008), «Did Securitization Lead to Lax Screening? Evidence From Subprime Loans», EFA 2008 Athens Meeting Paper.
- LEVINE, R. (2005), «Finance and Growth: Theory and Evidence», en P. AGHION y S. DURLAUF (dirs.), *Handbook of Economic Growth*, Ámsterdam: North Holland, Elsevier.
- LITAN, R. (2010), «In Defense of Much, But Not Not All, Financial Innovation», The Brookings Institution Working Paper.
- RAJAN, R. (2006), «Has Finance Made the World Riskier», *European Financial Management* 12(4), pp. 499-533.
- REINHART, C., y K. ROGOFF (2009), *This Time is Different: Eight Centuries of Financial Folly*, Princeton: Princeton University Press, p. 496.
- SABRY, F., y C. OKONGWU (2009), «Study of the Impact of Securitization on Consumers, Investors, Financial Institutions and the Capital Markets», NERA Economic Consulting.
- SHIN, H. S. (2009), «Reflections on Northern Rock: The Bank Run That Heralded the Global Financial Crisis», *Journal of Economic Perspectives* 23(1), pp. 101-119.
- VIVES, X. (2008), *Information and Learning in Markets*, Princeton: Princeton University Press.
- VIVES, X. (2010a), «Competition and Stability in Banking», CESifo WP 3050, de próxima publicación en *Monetary Policy under Financial Turbulence, Proceedings of the Annual Conference of the Central Bank of Chile*.
- VIVES, X. (2010b), «La crisis financiera y la regulación», de próxima publicación en *Mediterráneo Económico*.

BBVA

Innovación y cambio climático

Edward S. Rubin
Carnegie Mellon University

INTRODUCCIÓN

En gran medida, el estudio de la innovación y el cambio tecnológico ha estado motivado por el deseo de comprender y modelar las fuerzas que subyacen tras el desarrollo económico y la competitividad en una economía de mercado. Hay, pues, una extensa literatura, firmada principalmente por científicos sociales, en la que se examinan las numerosas facetas de la innovación y los factores que contribuyen a ella, desde el comportamiento de los individuos y las organizaciones a la función y la eficacia de las políticas gubernamentales dirigidas a estimular la innovación en sectores concretos de la economía o en áreas definidas de la tecnología como la informática, la aeronáutica o la agricultura.

El papel desempeñado por la innovación tecnológica en la resolución de algunos problemas de la sociedad como la contaminación del aire y el agua es un avance más reciente. A diferencia de lo que ocurre con las innovaciones que se dan en sectores como el farmacéutico o el electrónico, cuyo resultado son nuevos productos deseados por los consumidores (como medicinas, teléfonos móviles y servicios de Internet más eficaces o económicos), el mercado *natural* existente para la mayoría de las tecnologías medioambientales cuya función es reducir o eliminar la emisión de sustancias

contaminantes al medio ambiente es limitado o nulo. ¿Pagaría voluntariamente 1.000 dólares adicionales para instalar controles de emisión de contaminación al aire en su automóvil si la decisión dependiera de usted? La mayoría no lo haría, consciente de que su acción aislada serviría de poco para resolver el problema de la contaminación atmosférica, a menos que se exigiera a todos los conductores que adoptaran la misma medida.

En casos como este, el papel de las políticas y las regulaciones gubernamentales resulta crucial, ya que los problemas medioambientales, en su mayoría, requieren una acción colectiva para encontrar una solución eficaz. Asimismo, la naturaleza y el alcance de las innovaciones que reducen el coste o mejoran la eficiencia de los controles medioambientales dependen en buena medida de las acciones de los organismos gubernamentales en todos los niveles.

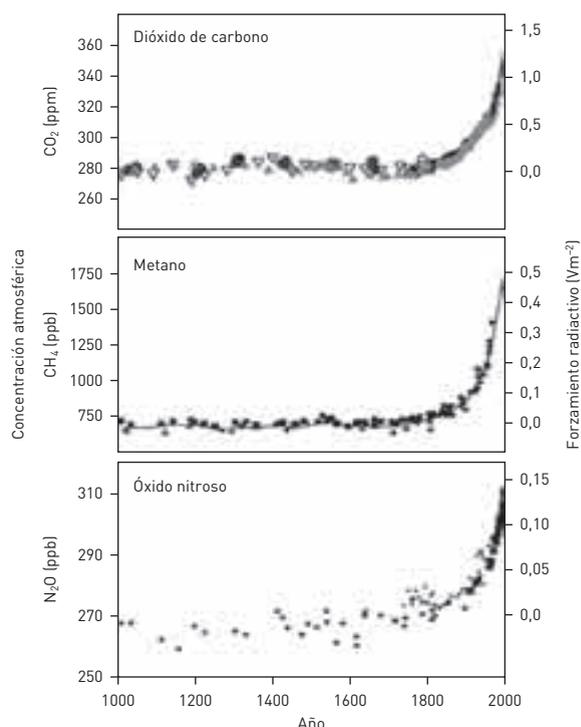
En este ensayo, nos centraremos en los vínculos existentes entre la innovación tecnológica y el cambio climático global, probablemente el desafío medioambiental de mayor alcance y envergadura al que el mundo se enfrenta en la actualidad. Ofreceremos en primer lugar una breve descripción del problema del cambio climático y de las necesidades de innovación que han motivado este artículo. A continuación, se

examinarán con mayor detenimiento algunas de las opciones disponibles para acelerar las innovaciones que permitirán hacer frente al desafío del cambio climático. Aunque muchos de los ejemplos citados en este texto proceden de experiencias y estudios vinculados a Estados Unidos, los conceptos y las estrategias generales que se analizan son en su mayor parte extrapolables a todas las naciones que se enfrentan al reto de mitigar el cambio climático.

EL PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

A lo largo de los últimos ciento cincuenta años, se han producido aumentos importantes en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, especialmente de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) (véase el gráfico 1), así como de un grupo de GEI industriales entre los que se incluyen los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆). Los gases de efecto invernadero aceleran el cambio climático porque atrapan el calor en la atmósfera, con lo que se produce un aumento de la temperatura media del planeta. Esto, a su vez, modifica los patrones y la intensidad de las precipitaciones, los flujos de aire y las corrientes marítimas del globo, todo lo cual se traduce directa o indirectamente en una alteración del clima (definido como el tiempo atmosférico promedio de una región en un periodo de varias décadas).

Gráfico 1. Tendencia histórica de la concentración atmosférica de los principales GEI



Fuente: IPCC, 2007a.

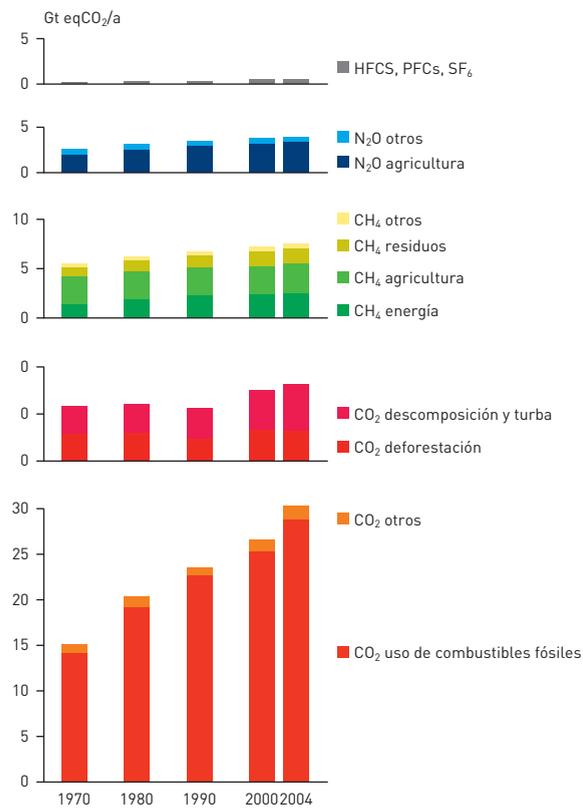
Las principales fuentes del incremento de GEI en la atmósfera son las emisiones de GEI generadas por diversas actividades humanas (cuadro 1). El gráfico 2 muestra el crecimiento reciente de las emisiones globales de GEI expresado en términos de toneladas «equivalentes de CO₂», un concepto que explica las diferencias en la capacidad para atrapar el calor de distintos

Cuadro 1. Principales gases de efecto invernadero y fuentes comunes de emisiones

Símbolo	Nombre	Fuentes comunes
CO ₂	Dióxido de carbono	Combustión de combustibles fósiles, tala de bosques, producción de cemento, etc.
CH ₄	Metano	Vertederos, producción y distribución de gas natural y petróleo, fermentación procedente del sistema digestivo del ganado, cultivo de arroz, combustión de combustibles fósiles, etc.
N ₂ O	Óxido nitroso	Combustión de combustibles fósiles, fertilizantes, producción de nailon, estiércol, etc.
HFC's	Hidrofluorocarbonos	Gases refrigerantes, fundición de aluminio, fabricación de semiconductores, etc.
PFC's	Perfluorocarbonos	Producción de aluminio, industria de semiconductores, etc.
SF ₆	Hexafluoruro de azufre	Sistemas de transmisión y distribución eléctrica; disyuntores, producción de magnesio, etc.

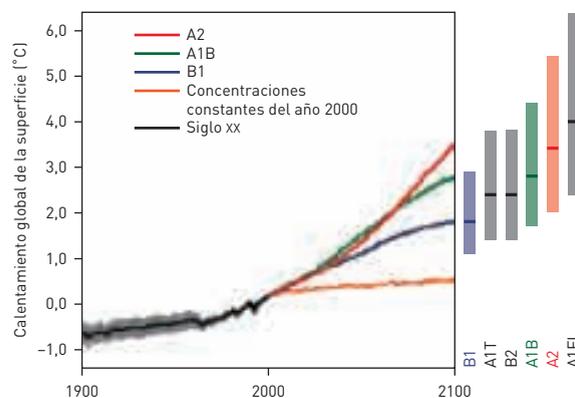
Fuente: IPCC 2007b.

Gráfico 2. Crecimiento reciente de las emisiones globales de gases de efecto invernadero



Fuente: IPCC, 2007b.

Gráfico 3. Tendencia histórica y escenarios futuros del calentamiento global desde 1900 a 2100. Los rangos mostrados a la derecha corresponden a los seis escenarios (con las etiquetas B1 a A1FI) previstos por los modelos del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change)



Fuente: IPCC, 2007b.

gases con respecto al dióxido de carbono (véase IPCC 2007 para obtener información detallada). La mayor contribución es la del CO₂ procedente de la combustión de los combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas natural, compuestos principalmente por carbono e hidrógeno). Dado que nuestro uso de la energía también libera algunos GEI distintos del CO₂ (sobre todo CH₄ y N₂O), el consumo energético es responsable de cerca del 85% de todas las emisiones de GEI.

La esencia del problema del cambio climático es que si las tendencias actuales continúan, las emisiones globales futuras de gases de efecto invernadero experimentarán en las décadas venideras un importante aumento como resultado del crecimiento de la población mundial, el desarrollo económico y otros factores que incrementan las emisiones de GEI. Como consecuencia, las proyecciones anticipan una subida de la temperatura global media de entre 1,1 °C y 6,4 °C al final de este siglo (IPCC, 2007). Aunque hay un grado considerable de incertidumbre en esas proyecciones (como se evidencia en el gráfico 3), los efectos potenciales del calentamiento global podrían amenazar gravemente la salud humana, las reservas de agua, la agricultura y los asentamientos humanos, especialmente en las áreas costeras vulnerables al aumento del nivel del mar y las tormentas (IPCC, 2007b; NRC, 2010b).

A la vista de este alto grado de incertidumbre, ¿por qué no nos limitamos a esperar hasta que contemos con evidencias empíricas más sólidas de la magnitud y los efectos del cambio climático? Una diferencia fundamental entre los gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos *convencionales* como el dióxido de azufre (SO₂) y las partículas es que los GEI, una vez emitidos, permanecen en la atmósfera durante periodos de tiempo muy largos, que suelen ir de décadas a milenios. Por ejemplo, aproximadamente la mitad del CO₂ emitido actualmente se mantendrá en la atmósfera dentro de un siglo y seguirá contribuyendo al calentamiento global. Y siglos más tarde, parte de las emisiones de CO₂ de nuestros días aún estarán

presentes en el aire. En cambio, contaminantes convencionales como el SO_2 permanecen en la atmósfera durante periodos de tiempo relativamente cortos —por lo general días o semanas— antes de que diversos procesos físicos y químicos los eliminen o los limpien. Por tanto, si redujéramos rápidamente las emisiones de los contaminantes convencionales, sus concentraciones atmosféricas (y los efectos derivados de ellas) también disminuirían con rapidez. No ocurre lo mismo con los GEI. A causa de su gran longevidad, las concentraciones atmosféricas seguirían aumentando a menos que las emisiones se restringieran drásticamente. Pensemos, a modo de ejemplo, en una bañera que recibe agua de un grifo de gran caudal mientras que en el fondo hay un sumidero por el que solo escapa lentamente un hilillo de agua: el nivel de agua seguiría aumentando a menos que el grifo se cerrara casi por completo y el caudal entrante se igualara con el que se desagua poco a poco. Por tanto, si los efectos del cambio climático resultan ser tan graves como se ha proyectado, limitar las emisiones de GEI en el futuro serviría de poco para reducir las concentraciones atmosféricas con rapidez y mitigar esos efectos perniciosos.

¿QUÉ MEDIDAS SE DEBEN ADOPTAR?

Los objetivos políticos internacionales para el cambio climático global se establecieron en 1992 bajo la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Hasta la fecha, 192 naciones han suscrito el objetivo de la CMNUCC de «estabilizar las concentraciones de gas de efecto invernadero de la atmósfera en un nivel que impida una interferencia antropogénica peligrosa con el sistema climático». La investigación científica lleva tiempo tratando de conocer mejor y cuantificar los vínculos existentes entre las actividades humanas, las emisiones de GEI, los incrementos resultantes de la concentración atmosférica, los cambios derivados que se han registrado en la temperatura global y el impacto de esos cambios (cuadro 2). Las

Cuadro 2. Vínculos fundamentales entre las actividades humanas y el cambio climático global



mayores incertidumbres residen en los vínculos entre los incrementos de la temperatura global y los efectos resultantes. Sin embargo, apoyándose en la ciencia actual, son muchos los responsables del desarrollo de políticas de todo el mundo que recomiendan un aumento de no más de 2 °C en la temperatura global a largo plazo como objetivo que las políticas climáticas deben establecer para prevenir efectos peligrosos. Para alcanzar este objetivo es necesario adoptar medidas que establezcan las concentraciones atmosféricas de GEI en niveles que apenas sobrepasen los actuales. Para ello sería necesario que en 2050 se hubiera logrado reducir las emisiones de GEI globales anuales entre un 50 y un 80% con respecto a los niveles de 1990, según los estudios recientes (IPCC, 2007b).

Las implicaciones y los desafíos tecnológicos de este objetivo son formidables. La situación se ilustra en el gráfico 4, que muestra los resultados de los modelos diseñados recientemente para Estados Unidos. Estos resultados indican que no existe una solución o ruta única para obtener grandes reducciones en las emisiones de GEI. Los distintos modelos proponen diferentes soluciones basadas en diversas suposiciones sobre la disponibilidad y el coste futuros de las tecnologías alternativas y otros factores. Lo que todos los modelos subrayan, no obstante, es que será necesario introducir cambios radicales en el sistema energético, ya que la suya es la principal contribución al cambio climático.

Hoy en día, cerca del 85% de la energía mundial procede de los combustibles fósiles. De esa cifra, aproximadamente la mitad viene del petróleo (usado sobre todo para el transporte), seguida por cantidades similares de carbón (empleado

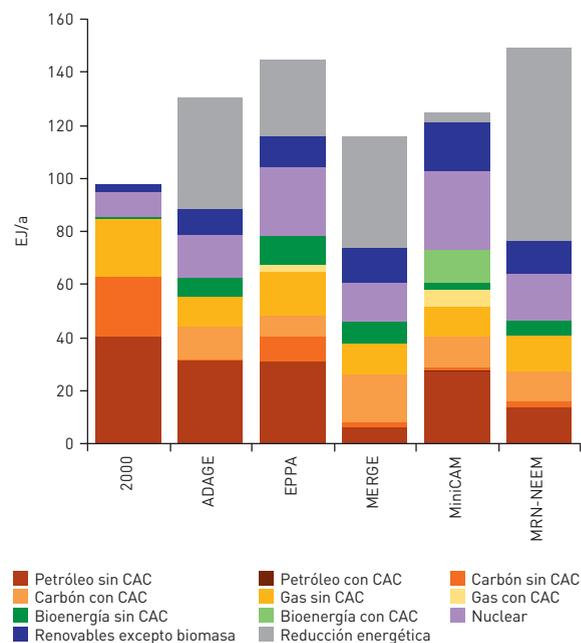
principalmente para generar electricidad) y de gas natural (que se usa en diversas aplicaciones de calefacción doméstica e industrial y cada vez más para la generación de energía eléctrica). El CO₂ liberado por el uso de estos combustibles —procedente sobre todo de las centrales eléctricas y los automóviles— es la fuente fundamental de emisiones de GEI. Realizar una transición a un sistema energético con un bajo (o mejor, nulo) consumo de carbono que sea sostenible es el mayor desafío al que nos enfrentamos si queremos evitar un cambio climático potencialmente peligroso.

LA NECESIDAD DE CAMBIO TECNOLÓGICO

Será necesario un cambio tecnológico a gran escala para lograr reducciones sustanciales en las emisiones globales de GEI. Los resultados del gráfico 4 ilustran las cuatro estrategias generales disponibles para transformar el sistema energético de un país o una región: 1. reducir la demanda energética en los sectores más importantes de la economía (edificios, transporte e industria) con el fin de recortar la demanda de combustibles fósiles; 2. mejorar la eficiencia de la utilización de la energía de modo que disminuya la cantidad de combustible fósil necesaria para satisfacer la demanda de energía de los *usuarios finales*, lo que se traducirá en una bajada de las emisiones de CO₂; 3. reemplazar los combustibles fósiles con un alto contenido de carbono, como el carbón y el petróleo, por alternativas con un porcentaje de carbono menor o nulo, como el gas natural, la energía nuclear y fuentes de energía renovables como la biomasa, la eólica y la solar y 4. capturar y aislar el CO₂ emitido en la utilización de combustibles fósiles para impedir su liberación a la atmósfera.

Como se indica en el escenario del gráfico 4 (una reducción del 80% con respecto a las emisiones de 1990 en 2050), las cuatro estrategias son necesarias para reducir las emisiones con el menor coste. A las reducciones de la demanda energética, que incluye los efectos de la mejora de la eficiencia, corresponde el papel más

Gráfico 4. Resultados de cinco modelos que muestran la combinación energética de menor coste en Estados Unidos en 2050 para un escenario de regulaciones en el que se exige una reducción del 80% con respecto a los niveles de 1990 en las emisiones de GEI. Se muestra como referencia el uso energético real en el año 2000. [Nota: CAC = captura y almacenamiento de carbono.]



Fuente: adaptado de Fawcett et al., 2009.

destacado en cuatro de los cinco modelos mostrados. La combustión incontrolada de carbón se elimina o se reduce drásticamente en todos los casos, y el uso directo de petróleo y gas natural también disminuye con respecto al caso de referencia del año 2000. En cambio, el uso de energía nuclear y de alternativas renovables como la biomasa y otras fuentes (en especial la energía eólica) aumenta considerablemente en estos estudios. También lo hace la captura y el almacenamiento de carbono (CAC). Esta tecnología podría posibilitar la captura del CO₂ de las centrales eléctricas y otras grandes fuentes industriales y su aislamiento en formaciones geológicas profundas o en yacimientos agotados de petróleo y gas. En el contexto internacional, esta opción ha ganado protagonismo en los últimos años, y ya se han puesto en marcha iniciativas

destinadas a desarrollar y demostrar la viabilidad de la CAC para atenuar el cambio climático.

Los mismos tipos de transformaciones del sistema energético que se ilustran en el gráfico 4 para Estados Unidos se desprenden de otros modelos ideados a nivel mundial (IPCC 2007b; Clark *et al.*, 2009). Aunque el consumo energético representa la mayor contribución a las emisiones de GEI, también será necesario un cambio tecnológico en otros sectores para encontrar soluciones eficaces al cambio climático. Por ejemplo, tendrán que producirse cambios en el uso del suelo, especialmente en lo que respecta a la deforestación, para reducir o prevenir la liberación de CO₂ de *sumideros* naturales como los bosques y la tierra de cultivo. El cambio tecnológico también puede reducir o evitar las emisiones de GEI distintos del CO₂, como los PFC procedentes de la industria de los semiconductores o las emisiones de óxido nitroso del sector agrícola. En conjunto, es indudable que se requerirá algún tipo de adaptación al cambio climático, y esas adaptaciones exigirán cierto grado de cambio tecnológico (NRC, 2010c).

En resumen, el desarrollo de nuevas tecnologías y su adopción son componentes esenciales de cualquier respuesta integral al cambio climático global. Pero un cambio tecnológico de la escala requerida no puede darse de la noche a la mañana. Para obtener una reducción sustancial de las emisiones de CO₂, como la reflejada en el gráfico 4, por ejemplo, solo en Estados Unidos sería necesario adaptar o reemplazar cientos de centrales eléctricas, decenas de millones de vehículos y cientos de millones de electrodomésticos, sistemas de construcción (de calefacción, refrigeración e iluminación) y procesos y equipos industriales. Un cambio de esta escala tardará muchas décadas en producirse.

Muchas de las tecnologías necesarias aún no existen comercialmente o resultan demasiado caras (las alternativas a los coches de gasolina son un buen ejemplo). Algunas alternativas, como las tecnologías de captura y aislamiento del carbono para las centrales eléctricas, aún

“El desarrollo de nuevas tecnologías y su adopción son componentes esenciales de cualquier respuesta integral al cambio climático global”

tienen que lograr una aceptación política y social generalizada. Dado que las tasas de desarrollo y adopción de nuevas tecnologías responden en la misma medida a políticas gubernamentales y a fuerzas de mercado como los precios de la energía, debemos analizar con más detenimiento los procesos de cambio tecnológico e innovación y los factores que influyen en ellos.

EL PROCESO DE CAMBIO TECNOLÓGICO

Como ya se ha analizado en otras fuentes (NRC, 2010a), el proceso general de cambio tecnológico se caracteriza por tener múltiples pasos o fases. En la literatura se recurre a diversos términos para describir estas fases, pero las cuatro siguientes se encuentran entre las más comunes:

Invencción: descubrimiento, creación de nuevos conocimientos o nuevos prototipos.

Innovación: creación de procesos o productos comerciales nuevos o mejorados.

Adopción: implantación y uso inicial de la nueva tecnología.

Difusión: adopción y uso generalizados de la tecnología.

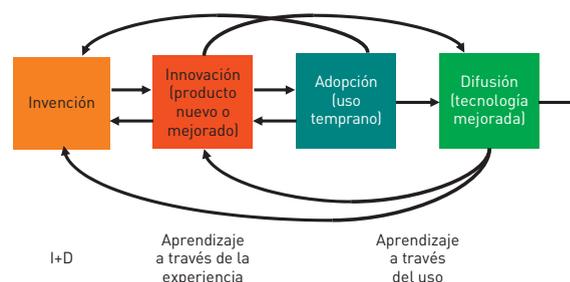
La primera fase —invencción— se apoya en buena medida (aunque no exclusivamente) en la investigación y el desarrollo (I+D), lo que incluye la investigación básica y la aplicada. El término que da nombre a la segunda fase —innovación— se usa a menudo en el ámbito coloquial para describir el proceso global de cambio

tecnológico. En este contexto, sin embargo, se refiere únicamente a la creación de un producto o un proceso ofrecido comercialmente. No significa que el producto se vaya a adoptar ni que su uso llegue a extenderse. Eso solo sucede si el producto supera con éxito las dos últimas fases —adopción y difusión—, que reflejan el éxito comercial de una innovación tecnológica. Estas dos fases son, lógicamente, las más críticas para lograr la reducción de las emisiones de GEI a través del cambio tecnológico.

Los estudios también muestran que, lejos de tratarse de un proceso lineal sencillo en el que cada etapa sucede a la anterior, las cuatro fases del cambio tecnológico son muy interactivas, como se refleja en el cuadro 3. De este modo, la innovación no solo se estimula a través de las iniciativas de I+D, sino también por medio de la experiencia de los pioneros en su adopción, sumada a los conocimientos adquiridos a medida que una tecnología se va extendiendo en el mercado. Así, el *aprendizaje a través de la experiencia* (optimización en la fabricación de un producto) y el *aprendizaje a través del uso* (optimización en la utilización de un producto) son con frecuencia, aunque no siempre, elementos esenciales que permiten la adopción y la difusión de las nuevas tecnologías. Combinadas con un sistema continuo de I+D (a veces denominado *aprendizaje a través de la investigación*), estas fases contribuyen en muchos casos a mejorar el rendimiento y reducir el coste de una nueva tecnología, tendencias que normalmente se describen y se representan como una *curva de aprendizaje* o *curva de experiencia* (IEA 2000; McDonald y Schrattenholzer, 2002).

Cada fase del proceso exige además distintos tipos de incentivos para impulsar el objetivo global del cambio tecnológico. Un incentivo que funciona bien en una fase del proceso podría tener una eficacia nula —o ser incluso contraproducente— en otra. El cambio a gran escala se debe ver y considerar también desde la perspectiva de los *sistemas*, ya que el éxito de cualquier nueva tecnología depende a menudo de otros factores tecnológicos y no tecnológicos. Por ejemplo, la

Cuadro 3. Fases del cambio tecnológico e interacciones existentes entre ellas



Fuente: Rubin, 2005.

difusión de las tecnologías de ahorro energético que permiten ajustar automáticamente algunos electrodomésticos como el aire acondicionado y los calentadores de agua puede depender del desarrollo y la generalización de tecnologías de redes eléctricas inteligentes (*smart grids*). Asimismo, la difusión de los aparatos eficientes desde el punto de vista energético puede verse frenada por diversos acuerdos institucionales, como las relaciones entre propietario e inquilino en las que ninguna de las partes tiene incentivos para comprar un aparato más caro aunque ofrezca una mayor eficiencia energética. Así pues, además de las consideraciones técnicas, la adopción y la difusión generalizadas de una nueva tecnología pueden requerir medidas para derribar las fronteras sociales e institucionales que afectan a la naturaleza y al ritmo del cambio tecnológico.

IMPORTANCIA DE LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

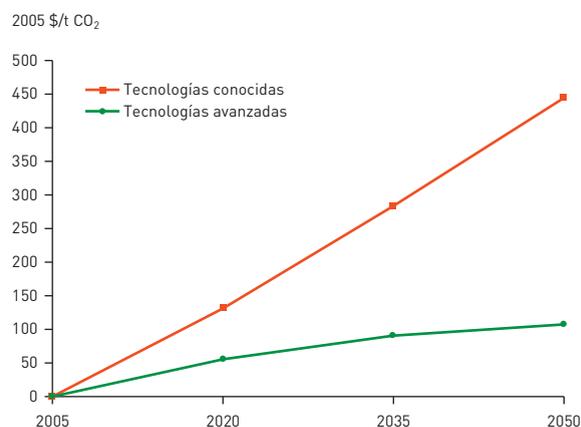
Cualquier estrategia que pretenda lograr una reducción sustancial de las emisiones de GEI exigirá medidas no solo para implantar las tecnologías de baja emisión que están disponibles hoy en día, sino también para promover la innovación en las nuevas tecnologías que se necesitan. En sintonía con esto, se ha registrado en los últimos años un creciente interés por las formas de impulsar esa innovación, en especial en lo referente al papel que los gobiernos pueden y deben desempeñar en ese proceso.

Aunque la investigación y el desarrollo son dos elementos importantes del proceso de innovación, va ganando terreno la noción de que la innovación tecnológica es un proceso complejo que normalmente conlleva interacciones con las otras fases del cambio tecnológico representadas en el cuadro 3. Así, los beneficios derivados de las nuevas tecnologías solo se materializan en muchos casos cuando se produce una adopción generalizada, un proceso que suele llevar un tiempo considerable (en muchos casos, décadas) y que incluye normalmente una secuencia de mejoras incrementales que impulsan el rendimiento y reducen los costes (Alic *et al.*, 2003).

En el contexto de este artículo, surge una pregunta esencial: ¿qué estrategias y políticas pueden impulsar de una forma más eficaz las innovaciones tecnológicas que contribuyen a reducir las emisiones de GEI? Como ya se ha señalado, las emisiones de GEI dependen fundamentalmente de los tipos de fuentes de energía y de las tecnologías que se emplean para suministrar los artículos y los servicios que la sociedad necesita. Así, las innovaciones tecnológicas pueden ayudar a reducir las emisiones de GEI de diversas formas (NRC, 2010). Por ejemplo:

- Las tecnologías nuevas o mejoradas pueden hacer que bienes como los vehículos, la maquinaria y los electrodomésticos usen la energía de un modo más eficiente, lo que reduce su consumo energético y las emisiones de GEI por unidad de producto o servicio útil (como un vehículo-milla de viaje o un lumen de luz en el caso de la iluminación).
- Las nuevas tecnologías pueden crear o utilizar vectores de energía y agentes químicos alternativos que emitan menos GEI por unidad de producto o servicio útil (como las fuentes de energía renovables o los nuevos fertilizantes con bajo contenido de nitrógeno).
- Las nuevas tecnologías pueden crear formas alternativas de suministrar bienes y servicios caracterizadas por una menor generación de GEI (ya sea mediante el uso de productos o materiales sustitutivos que emitan menos GEI

Gráfico 5. Precios globales del carbono (equivalente de CO₂) necesarios para reducir las emisiones procedentes del uso de combustibles fósiles y de las fuentes industriales con tecnologías avanzadas y sin ellas



Fuente: Kyle *et al.*, 2009.

o a través de cambios de mayor alcance que afecten a todo el sistema, como el reemplazo de los desplazamientos en coche o en avión por las teleconferencias y el teletrabajo).

Las innovaciones tecnológicas pueden favorecer todo este espectro de posibilidades. Un conjunto aun más amplio de innovaciones incluiría, además, sistemas y diseños sociales e institucionales. Por ejemplo, las innovaciones en el planeamiento y el desarrollo urbanístico podrían ayudar a reducir la demanda energética futura (y las emisiones de GEI asociadas a ella) en el transporte y en los edificios residenciales y comerciales. Las innovaciones institucionales podrían proporcionar incentivos para que las compañías de suministro eléctrico y otras empresas inviertan en medidas que reduzcan la demanda energética, en lugar de guiarse por políticas dirigidas a aumentar la venta de energía.

El gráfico 5 muestra una estimación del modo en que las innovaciones tecnológicas pueden reducir el coste futuro del recorte de las emisiones de GEI. En este modelo, se compara un caso de evolución empresarial tradicional, caracterizado por las tasas históricas de mejoras tecnológicas, con un caso en el que el cambio tecnológico se

da con mayor rapidez. El coste de adaptarse a un escenario restrictivo de reducción de emisiones disminuye drásticamente cuando se dispone de *tecnologías avanzadas*. Este recorte en el coste unitario de la reducción se traduce en un gran ahorro en los costes a escala nacional y global, sobre todo a medida que los requisitos de reducción se van volviendo más estrictos con el tiempo.

EL IMPORTANTE PAPEL DE LAS POLÍTICAS GUBERNAMENTALES

Uno de los desafíos más importantes de la reducción de las emisiones de GEI es que existen pocos mercados (si hay alguno) para muchas de las tecnologías de baja emisión más eficientes que se necesitan. ¿Qué compañía de suministro eléctrico, por ejemplo, querría invertir una gran cantidad de dinero en una tecnología de captura y almacenamiento de carbono si no hubiera un incentivo o una obligación que moviera a recortar sustancialmente las emisiones de CO₂? ¿Cuántas personas estarían dispuestas a comprar un vehículo eléctrico avanzado que cuesta mucho más que un automóvil convencional solo para

reducir su huella de carbono? Algunas medidas costosas que las empresas y los individuos tendrían que adoptar para recortar sus emisiones de GEI proporcionan un valor tangible escaso o nulo a esa empresa o esa persona. Solo mediante acciones gubernamentales que exijan o hagan viable desde el punto de vista financiero reducir las emisiones de GEI se pueden crear mercados de cierta entidad para los productos y los servicios que posibilitan tales reducciones. Por tanto, las acciones gubernamentales dirigidas a crear o ampliar los mercados de las tecnologías de reducción de las emisiones de GEI son esenciales en el proceso de innovación tecnológica.

Las diferentes medidas políticas pueden influir de distintas formas en la innovación tecnológica. En general, las opciones políticas se pueden agrupar en dos categorías: medidas voluntarias y acciones obligatorias (*zanahorias y palos*). El primer grupo —denominado con frecuencia opciones de *políticas tecnológicas*— proporciona incentivos de varios tipos para fomentar ciertas acciones o ciertos avances tecnológicos. El segundo grupo está integrado por las acciones

Cuadro 4. Opciones políticas que pueden impulsar las innovaciones tecnológicas para reducir las emisiones de GEI

Opciones de políticas tecnológicas			Opciones de políticas de regulación
Fondos gubernamentales directos para la generación de conocimiento	Apoyo directo o indirecto a la comercialización y la producción	Difusión del conocimiento y aprendizaje	Medidas económicas generales y regulaciones y estándares específicos de distintos sectores o tecnologías
<ul style="list-style-type: none"> • Contratos de I+D con empresas privadas (totalmente financiados o con costes compartidos) • Contratos y becas de I+D con universidades y entidades sin ánimo de lucro • I+D interno en laboratorios del gobierno • Contratos de I+D con consorcios o colaboraciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Créditos fiscales de I+D • Patentes • Créditos fiscales o subsidios de producción para las empresas que introducen nuevas tecnologías en el mercado • Créditos fiscales, rebajas o pagos para los compradores y los usuarios de las nuevas tecnologías • Suministro por parte del gobierno de tecnologías nuevas o avanzadas • Proyectos piloto • Garantías de préstamo • Incentivos monetarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Formación y capacitación • Codificación y difusión del conocimiento técnico (por ejemplo, a través de la interpretación y la validación de los resultados de I+D, la selección, el apoyo a bases de datos) • Estándares técnicos • Programas de ampliación tecnológicos e industriales • Publicidad, persuasión e información para el consumidor 	<ul style="list-style-type: none"> • Impuesto sobre las emisiones • Programa de comercio de derechos de emisión • Estándares de rendimiento (para las tasas de emisión, la eficiencia u otras medidas del rendimiento) • Impuesto sobre los combustibles • Estándares de la cartera de políticas

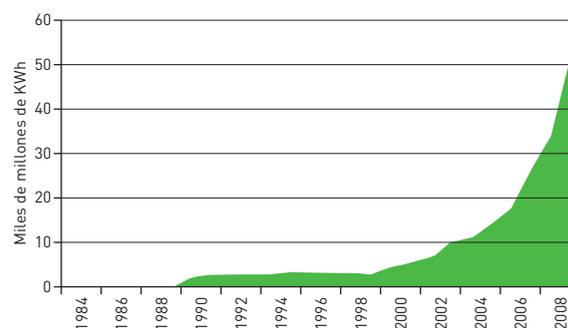
gubernamentales que imponen obligaciones o limitaciones en las actividades, instalaciones o tecnologías especificadas, normalmente por medio de normativas y estándares. El cuadro 2 ofrece ejemplos de opciones políticas correspondientes a cada una de estas dos categorías generales. Los análisis que siguen desarrollan brevemente las políticas de cada categoría para ilustrar su función en el fomento de las innovaciones que reducen las emisiones de GEI.

OPCIONES DE POLÍTICAS TECNOLÓGICAS

Las medidas políticas tecnológicas pueden estimular la innovación y ayudar a crear mercados para las tecnologías con baja emisión de GEI proporcionando incentivos y apoyo para el desarrollo y la implantación de la nueva tecnología. El cuadro 2 muestra diversas medidas disponibles agrupadas en tres categorías. La primera es el respaldo gubernamental directo a las iniciativas de I+D para generar nuevos conocimientos (lo que incluye nuevos conceptos y nuevas tecnologías). Esta es la forma de apoyo gubernamental más común para la innovación y suele conllevar la participación de diversas organizaciones públicas y privadas (Alic *et al.*, 2003; CATF, 2009).

La segunda columna muestra otras opciones políticas que respaldan directa o indirectamente el desarrollo, la implantación y la comercialización de las nuevas tecnologías. Estas medidas ya han demostrado en el pasado un gran impacto en el desarrollo tecnológico. Por ejemplo, el suministro por parte del gobierno norteamericano de reactores y ordenadores durante las primeras fases de su comercialización tras la Segunda Guerra Mundial fue fundamental para el posterior desarrollo y la implantación generalizada de estas tecnologías en el mercado (Alic *et al.*, 2003). Más recientemente, el respaldo gubernamental en la forma de créditos fiscales de inversión y producción (o tarifas de régimen especial) ha impulsado el rápido crecimiento de los sistemas de energía eólica, como se muestra en el gráfico 6. Otras medidas, como las garantías de préstamo y el apoyo a los proyectos piloto, se

Gráfico 6. Crecimiento de la generación de electricidad procedente del viento en Estados Unidos



Fuente: EIA 2010.

están empleando en la actualidad para estimular las inversiones en tecnologías de *carbón limpio* como la gasificación del carbón y los sistemas de captura y almacenamiento de carbono.

El tercer grupo de opciones de políticas tecnológicas del cuadro 4 refleja las medidas ideadas para estimular el aprendizaje y la difusión del conocimiento. Entre ellas se incluye el apoyo a los programas de formación y capacitación, y medidas como el desarrollo de códigos y estándares que facilitan la difusión de las nuevas tecnologías.

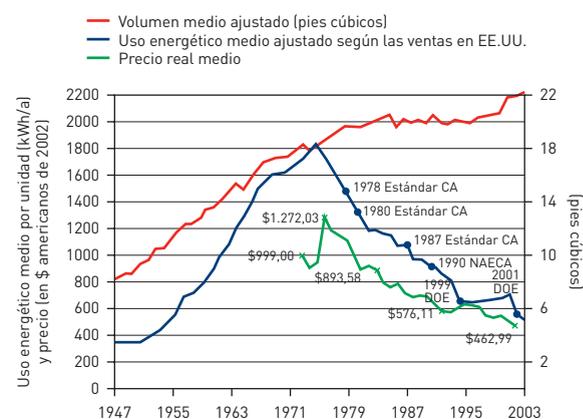
OPCIONES DE POLÍTICAS DE REGULACIÓN

Las políticas de regulación en materia de energía y medio ambiente responden a *fallos del mercado* por los que los individuos y las organizaciones tienen pocos incentivos —o ninguno— para restringir las actividades que afectan negativamente a la sociedad en su conjunto (como la emisión de contaminantes a la atmósfera) si no se produce una intervención gubernamental. Diversos estudios han documentado la capacidad de las políticas de regulación sobre energía y medio ambiente para influir en el desarrollo y la implantación de tecnologías importantes relacionadas con la energía y para estimular las innovaciones que reducen las emisiones de GEI y otros contaminantes atmosféricos. Entre los ejemplos

más citados se hallan los estándares de ahorro de combustible y emisión de contaminantes para los automóviles (Lee *et al.*, 2010), los estándares de eficiencia energética para los principales electrodomésticos, como los frigoríficos (Rosenfeld, 2008), los estándares de rendimiento de las nuevas fuentes para los contaminantes atmosféricos de las centrales eléctricas (Rubin *et al.*, 2004) y los incentivos de mercado, como las reglas de comercio de derechos de emisión para las emisiones de SO₂ de las centrales eléctricas (Popp, 2003).

En 1975, por ejemplo, el gobierno norteamericano impuso los estándares Corporate Average Fuel Economy (CAFE) en todos los vehículos nuevos vendidos en Estados Unidos con el fin de reducir el consumo de combustible del país tras el embargo de petróleo árabe que se produjo en 1973. Los estándares exigían que el ahorro de combustible medio de 1973 de aproximadamente 13 millas por galón (mpg) se duplicara para llegar a los 27,5 mpg que el estándar CAFE establecía para los turismos nuevos. Esto provocó una serie de innovaciones tecnológicas que afectaron a casi todos los aspectos del diseño de automóviles. En poco más de una década, la flota automovilística de Estados Unidos duplicó prácticamente su eficiencia (EIA, 2010). En 2007, en respuesta a la renovada preocupación por las importaciones de petróleo, Estados Unidos adoptó unos estándares CAFE aun más estrictos. Las nuevas regulaciones exigen un ahorro de combustible medio en toda la flota (incluidos los turismos y los camiones) de 34,1 mpg en 2016 (NHTSA, 2010). Estos estándares también reducirán las emisiones de gases de efecto invernadero (CO₂) procedentes de la combustión. Aunque Estados Unidos lleva largo tiempo evitando las políticas de precios de la energía y los impuestos sobre el combustible y dando prioridad a la eficiencia energética, las evidencias acumuladas en otros países, incluidas muchas naciones de Europa occidental, indican que un aumento sustancial de los impuestos sobre la gasolina constituiría también un importante estímulo para la innovación en las tecnologías relacionadas con la automoción.

Gráfico 7. Tendencias del uso energético medio, el precio y el tamaño de los nuevos frigoríficos de Estados Unidos

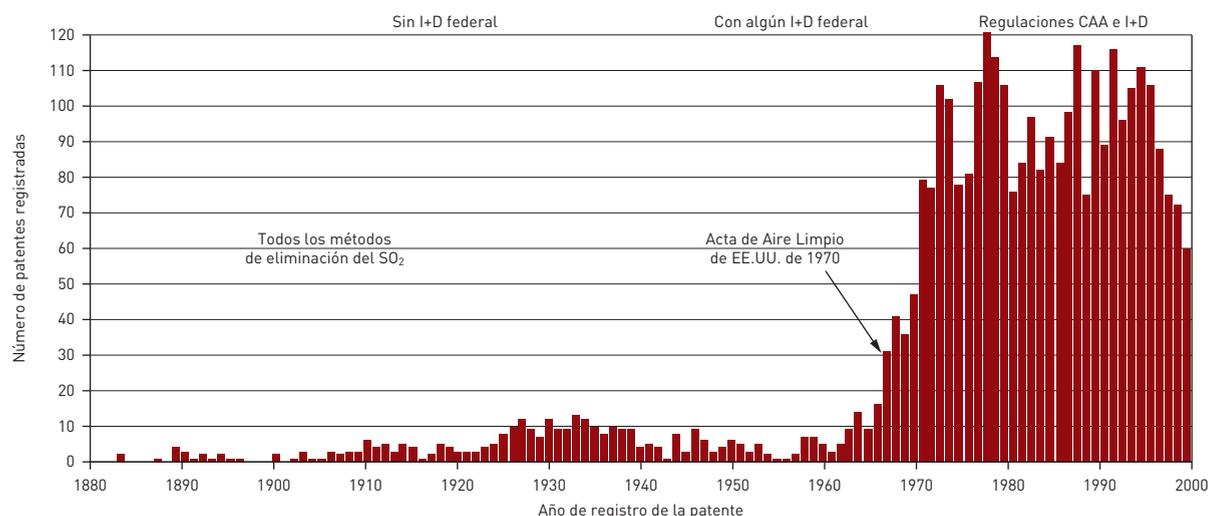


Fuente: Rosenfeld, 2008.

Los estándares de eficiencia energética también han reducido el uso medio de energía de los principales electrodomésticos, como los frigoríficos, los lavaplatos y los equipos de aire acondicionado. El gráfico 7, por ejemplo, muestra la brusca disminución del consumo energético medio de los nuevos frigoríficos —en aquel momento el electrodoméstico con mayor consumo energético de Estados Unidos— tras la adopción de los estándares del Estado de California definidos en la década de 1970 y de los estándares nacionales posteriores que se aprobaron en 1990. Como resultado de las innovaciones tecnológicas, el uso medio anual de energía de los frigoríficos se redujo a un tercio del valor de 1975. A la vez, el precio medio de venta al público de un frigorífico nuevo cayó a la mitad, a pesar de que el tamaño promedio de las nuevas unidades había aumentado. El ahorro general en la demanda de electricidad eliminó la necesidad de construir muchas nuevas centrales eléctricas, lo que evitó también las emisiones de GEI y de contaminantes atmosféricos asociadas a ellas.

El caso de las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) generadas por las centrales eléctricas ilustra también la influencia potencial de los estándares de rendimiento en la innovación para las tecnologías de control medioambiental. En 1970 se adoptaron en Estados Unidos unos

Gráfico 8. Actividad de registro de patentes en el ámbito de las tecnologías de eliminación de dióxido de azufre en Estados Unidos, 1880-2000



Fuente: Taylor et al., 2005.

estrictos límites nacionales para las emisiones de SO₂ generadas por las nuevas centrales cuyo funcionamiento dependía de la combustión de carbón. Como resultado, se produjo un importante aumento de la *actividad inventora*, medida por el número de patentes norteamericanas registradas (en todo el mundo) en el ámbito del control del SO₂, como se puede ver en el gráfico 8. Cuando la tecnología de captura posterior a la combustión pasó a ser obligatoria y se empezó a implantar de una forma más general, los costes de capital de estos sistemas se redujeron a menos de la mitad a lo largo de dos décadas y los costes operativos también experimentaron un brusco recorte (Taylor et al., 2005; Rubin et al., 2007). Durante este periodo, el rendimiento de estos sistemas también mejoró considerablemente: en la década de 1970, los *lavadores* de SO₂ solían capturar un 80% de las emisiones potenciales. En 1990 se había llegado a un 90% de eliminación de SO₂ como norma, cantidad que cinco años más tarde había subido al 95% o más (Rubin, 2001). Hoy en día, los mejores sistemas tienen una eficacia de hasta el 99% en la captura de SO₂. Para que las tecnologías de captura y almacenamiento de CO₂ se conviertan en una opción con una buena relación entre coste y eficacia para las reducciones de GEI, serán

necesarias mejoras continuas similares del coste y el rendimiento (Rubin, 2009). La historia de la captura del SO₂ generado por la combustión sugiere que unas políticas de regulación bien diseñadas pueden ayudar a alcanzar ese objetivo.

Las políticas de regulación descritas son ejemplos de lo que a menudo se denomina regulaciones de *comando y control*, que obligan a los contaminadores o los fabricantes a alcanzar unos niveles especificados de rendimiento tecnológico en sus instalaciones. La adopción más reciente de regulaciones basadas en el mercado, como los sistemas de comercio de derechos de emisión establecidos para el cumplimiento con la legislación sobre lluvia ácida y el control del ozono en verano (Yeh et al., 2005), ofrece a los contaminadores una mayor flexibilidad en el cumplimiento de las exigencias nacionales o regionales para alcanzar un nivel conjunto de reducción de las emisiones. Esta flexibilidad puede recortar considerablemente el coste del cumplimiento de las normativas.

Un programa de comercio de derechos de emisión extensivo a toda la economía es una estrategia de regulación que cuenta con un amplio respaldo y se considera el medio de mitigación de las emisiones de gas de efecto invernadero con mejor relación entre coste y eficacia (Jaffe

“Las medidas políticas tecnológicas voluntarias no bastarán para estabilizar los niveles de GEI (gases de efecto invernadero). Se necesitan además unas políticas de regulación suficientemente restrictivas para limitar las emisiones de GEI y fomentar la innovación tecnológica”

et al., 2003). Esta estrategia es además el eje del sistema de comercio de emisiones (ETS, Emissions Trading System) para las emisiones de dióxido de carbono en la Unión Europea. Como alternativa, muchos economistas defienden un impuesto sobre las emisiones de GEI como método de mercado preferible para reducir las emisiones de GEI (NRC, 2010a). Las dos estrategias pueden estimular la innovación mediante el establecimiento de incentivos económicos y mercados para las medidas dirigidas a reducir las emisiones. En el caso del comercio de derechos de emisión, se necesita un límite suficientemente restrictivo, mientras que en el de las tarifas de las emisiones, se debe establecer un impuesto suficientemente alto. Dado que contamos con menos experiencia histórica en estas regulaciones basadas en el mercado, la evidencia empírica de su eficacia para estimular las innovaciones tecnológicas que reducen las emisiones medioambientales es limitada. Sin embargo, en el caso del control del SO₂, un estudio de los datos

de las patentes mostró que el programa de comercio de derechos de emisión aprobado en 1990 en Estados Unidos impulsó innovaciones que redujeron el coste operativo de las unidades de captura de SO₂ y mejoraron su eficiencia en la eliminación de SO₂ (Popp, 2003). Algunos estudios pusieron además de manifiesto que el programa de comercio de derechos de emisión de SO₂ fomentó cambios en los procedimientos internos de las empresas reguladas, además de innovaciones e inversiones por parte de los proveedores de estas firmas (Burtraw *et al.*, 2005). Existe una sólida base teórica que respalda el importante papel que las políticas basadas en el mercado desempeñan en una estrategia integral para abordar el cambio climático.

ELECCIÓN DE OPCIONES POLÍTICAS

Los méritos y las limitaciones de las distintas políticas posibles para la mitigación del cambio climático centran un amplio debate en la literatura y los foros políticos. La elección de las políticas adoptadas por cualquier nación, de manera unilateral o en el marco de un acuerdo internacional, dependerá, forzosamente, de un gran número de factores y circunstancias cuyo análisis queda fuera del alcance de este texto. El análisis anterior pretendía, más bien, ilustrar algunas de las formas en las que las opciones políticas pueden afectar a la innovación tecnológica para la atenuación de los GEI. Asimismo, es obligado señalar que otros tipos de políticas, como las de registro de patentes y las regulaciones antimonopolio, también pueden tener una influencia indirecta en la innovación, según se concluye en el trabajo de Alic *et al.* (2003).

En la mayoría de los casos, la ruta preferida para la mitigación del cambio climático y la innovación tecnológica será una combinación de políticas que ofrezcan tanto «zanahorias» como «palos». El sencillo pero importante mensaje de esta sección es que las medidas políticas tecnológicas voluntarias no bastarán para estabilizar los niveles de GEI. Se necesitan además unas políticas de regulación suficientemente restrictivas

para limitar las emisiones de GEI y fomentar la innovación tecnológica.

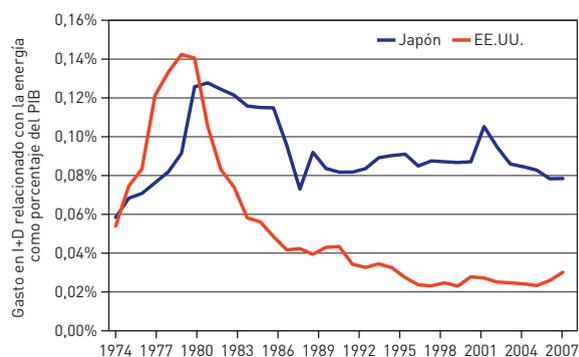
RECURSOS NECESARIOS PARA LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Alcanzar los objetivos del cambio climático requerirá, además de un conjunto de estímulos políticos, una inyección de recursos financieros y humanos para apoyar cada fase del proceso de cambio tecnológico representado en el cuadro 3. Esos recursos son especialmente importantes en la fase de innovación tecnológica. En concreto, hay una necesidad clara de aumentar el respaldo financiero a las iniciativas de I+D y de encontrar personas que cuenten con la formación, los conocimientos y la creatividad que se requieren para innovar, no solo con respecto a las tecnologías para el suministro y la demanda de energía, sino también en otros sectores que emiten GEI, como la agricultura, la ingeniería forestal y la manufactura.

Sin duda, una mayor inyección de recursos exige hoy en día un planteamiento mixto. En los últimos años, por ejemplo, China —que es actualmente el mayor emisor de GEI del mundo— ha puesto en marcha un importante aumento de las inversiones en tecnologías energéticas *verdes* que la ha convertido en el primer fabricante mundial de células solares fotovoltaicas, así como en una potencia dominante en los sistemas de energía eólica. Además, China está realizando inversiones cuantiosas en la generación de potencia nuclear y está desarrollando diversas tecnologías de carbón limpio, incluidos algunos sistemas de captura y almacenamiento de carbono.

En Estados Unidos, por el contrario, los fondos gubernamentales nacionales dedicados a los esfuerzos de I+D en el campo de la energía se han reducido bruscamente en las tres últimas décadas. En términos reales, en 2008 estos fondos representaban menos de un quinto de su cuantía en 1980. Aunque los fondos federales de I+D para la energía han aumentado en Estados Unidos en los últimos años —lo que incluye un importante incremento en 2009 como parte de

Gráfico 9. Gasto gubernamental en I+D en el ámbito de la energía en Japón y Estados Unidos, 1974-2008



Fuente: NRC, 2010a.

un programa de estímulo económico—, la inversión de Estados Unidos en I+D en el ámbito de la energía sigue siendo muy inferior a la de otras áreas clave de la ciencia y la tecnología como el espacio y la sanidad (NRC, 2010a). Si se compara con otros muchos países industrializados (como Canadá, Dinamarca, Finlandia, Francia, Japón, Corea, Noruega y Suecia), la inversión de Estados Unidos en I+D para la energía también es sustancialmente más baja si se expresa como fracción del producto interior bruto (PIB) (IEA, 2009). Esta situación se ilustra en el gráfico 9, que compara el gasto gubernamental en I+D energético en Estados Unidos y Japón como porcentaje del PIB. En las últimas tres décadas, el porcentaje norteamericano ha sido muy inferior al de Japón. Aunque en términos absolutos el gasto de Estados Unidos es superior al de otras naciones más pequeñas, los datos normalizados sugieren que en Estados Unidos las iniciativas de I+D relacionadas con la energía se consideran menos prioritarias que en otros países.

Por último, si se desea encontrar una solución al problema del cambio climático, el papel más destacado en materia de innovación tecnológica corresponde al sector privado. Sobre los fondos dedicados en el sector privado a las iniciativas de I+D relacionadas con la energía no hay demasiados datos fiables. La Agencia Internacional de

la Energía (IEA, International Energy Agency) y otras fuentes sugieren que la tasa actual de inversión en I+D por parte del sector energético es muy inferior a la de ámbitos como el farmacéutico, la biotecnología y los servicios de *software* e informática, sectores cuya rentabilidad depende en mayor medida de la capacidad para crear productos nuevos o superiores. Dentro del sector energético, las centrales eléctricas registran por lo general la menor tasa de gasto en I+D expresado como porcentaje de las ventas (uno de los indicadores más comunes) (NRC, 2010a). Esto apunta a que se necesitará un importante aumento en las inversiones en I+D del sector privado para desarrollar y comercializar nuevas tecnologías de baja emisión que contribuyan a resolver el problema del cambio climático. Las políticas gubernamentales, a su vez, deben proporcionar las señales y los mercados potenciales necesarios para estimular las inversiones en I+D del sector privado y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Las innovaciones tecnológicas concebidas para reducir las emisiones de GEI requerirán también más trabajadores cualificados, en especial ingenieros y científicos de una amplia gama de disciplinas entre las que se incluyen las ciencias sociales. Los datos limitados existentes para Estados Unidos sugieren que actualmente en el sector energético la media de trabajadores en I+D como porcentaje de la población activa total es muy inferior a la de todos los sectores. A lo largo de las últimas dos décadas, el porcentaje de licenciados universitarios en distintos campos de la ingeniería también se ha reducido sustancialmente en Estados Unidos (NRC 2010a). Aunque otros países presentan tendencias más favorables, deben aumentar los esfuerzos encaminados a inyectar en el ámbito de las innovaciones talento y recursos humanos que pueden contribuir a atenuar el cambio climático.

CONCLUSIÓN

Aunque tradicionalmente el estudio de la innovación tecnológica ha estado motivado por el

“Será necesario un cambio tecnológico a gran escala en las próximas décadas para alcanzar el objetivo internacional de estabilizar los niveles atmosféricos de gases de efecto invernadero (GEI) en valores que eviten los efectos peligrosos”

interés en el desarrollo económico y la competitividad en una economía de mercado, los lazos existentes entre la innovación y la consecución de los objetivos de calidad medioambiental han ido ganando un protagonismo cada vez mayor. Este artículo ha analizado el importante papel que la innovación tecnológica desempeña en la solución del problema del cambio climático global, probablemente el desafío medioambiental más apremiante al que nos enfrentamos en la actualidad.

Como se ha señalado, será necesario un cambio tecnológico a gran escala en las próximas décadas para alcanzar el objetivo internacional de estabilizar los niveles atmosféricos de gases de efecto invernadero (GEI) en valores que eviten los efectos peligrosos. Para lograrlo, las tecnologías actuales con elevadas emisiones de GEI —especialmente las tecnologías energéticas basadas en los combustibles fósiles (petróleo, gas y carbón)— habrán de reemplazarse con nuevas tecnologías que emitan una cantidad menor o nula de gases de efecto invernadero. En muchos casos, este proceso requerirá tecnologías avanzadas que aún no se han desarrollado, no se han adoptado a una

escala comercial apreciable o que ni siquiera se han inventado.

Los estudios sobre el cambio tecnológico señalan que se trata de un proceso complejo que conlleva interacciones entre las distintas fases que lo integran (invención, innovación, adopción y difusión de la nueva tecnología en el mercado). En general, los beneficios proporcionados por las nuevas tecnologías solo se materializan con su adopción generalizada, un proceso que suele llevar un tiempo considerable.

Las políticas gubernamentales influyen en los resultados de cada fase de este proceso. La fase de innovación tecnológica —que lleva al desarrollo de nuevos procesos y tecnologías— es especialmente incierta, porque las rutas de desarrollo y la probabilidad de éxito no se pueden predecir con seguridad. Hay que tener en cuenta, además, que el desarrollo de una nueva tecnología no garantiza su viabilidad comercial.

Las políticas gubernamentales desempeñan un papel especialmente importante en el fomento de las innovaciones con las que se intenta responder al problema del cambio climático. En ausencia de imposiciones o incentivos gubernamentales para mitigar el problema, existen pocos mercados —si es que hay alguno— para las nuevas tecnologías que tienen como finalidad única reducir las emisiones al medio ambiente (aire, agua o tierra). Así, para alcanzar las grandes reducciones de las emisiones de gases de efecto invernadero que se necesitan para aminorar los riesgos asociados al cambio climático, debe entrar en juego una amplia cartera de políticas que no solo fomenten la innovación tecnológica, sino también la subsiguiente adopción de las nuevas tecnologías por parte de un gran número de agentes entre los que se incluyen individuos, gobiernos y empresas de todos los tamaños.

La cartera de políticas para impulsar la innovación debe incluir una combinación de «palos» —en la forma de políticas de regulación que definan directa o indirectamente los límites de las emisiones de GEI (por medio de mecanismos

basados en el mercado, estándares de rendimiento tecnológico o una combinación de medidas)— y «zanahorias» o políticas tecnológicas que proporcionen incentivos voluntarios para fomentar la innovación y la implantación de la tecnología (apoyo para I+D, créditos fiscales, garantías de préstamo, programas de suministro gubernamentales y otras medidas). Para que se materialicen todos los beneficios de la innovación tecnológica, la cartera de políticas debe respaldar también la difusión del conocimiento, ya sea a través del apoyo financiero a la formación y la capacitación o con la ayuda de otras medidas.

Aunque las iniciativas de I+D no bastan para garantizar un cambio tecnológico generalizado, son un elemento clave de la cartera de políticas requeridas para impulsar las innovaciones que reducen las emisiones de GEI. Como se ha señalado en este artículo, será necesario un aumento sustancial del respaldo gubernamental a los esfuerzos de I+D realizados en el ámbito de la energía para responder a los retos del cambio climático. También en el sector privado deberán producirse grandes incrementos en el apoyo a las iniciativas de I+D, especialmente en las industrias relacionadas con la energía. De nuevo, las políticas gubernamentales desempeñarán un papel fundamental al establecer los requisitos y los indicios de mercado que el sector privado necesita para justificar las inversiones en I+D.

Por último, la reducción de las emisiones de GEI a través de las innovaciones en tecnología y las instituciones exigirá un mayor número de trabajadores cualificados, en especial ingenieros y científicos de disciplinas muy diversas, como, entre otras, las ciencias sociales. A la postre, son las personas las que innovan. Tanto el gobierno como el sector privado deben hacer grandes esfuerzos por atraer y retener a las personas más brillantes y capacitadas del planeta para dar respuesta a los desafíos e idear oportunidades que contribuyan a mitigar el cambio climático global.

BIBLIOGRAFÍA

- BURTRAW *et al.* (2005), «Economics of Pollution Trading for SO₂ and NO_x», *Annual Review of Environment and Resources* 30, pp. 253-289, Palo Alto, CA: Annual Reviews.
- CATF (2009), Consortium for Science, Policy & Outcomes and Clean Air Task Force. *Innovation Policy for Climate Change: A Report to the Nation, A joint project of the Consortium for Science, Policy & Outcomes and Clean Air Task Force*, Boston, MA: Clean Air Task Force. Septiembre.
- CLARKE *et al.* (2009), «International Climate Policy Architectures: Overview of the EMF 22 International Scenarios», *Energy Economics* 31 (Suplemento 2), pp. 64-81.
- EIA 2010. *Annual Energy Review 2009*. Energy Information Administration, Washington, DC: U.S. Department of Energy.
- FAWCETT *et al.* (2009), «Overview of EMF 22 U.S. Transition Scenarios», *Energy Economics* 31 (Suplemento 2), pp. 198-211.
- IEA (2000), International Energy Agency. *Experience Curves for Energy Technology Policy*. Paris.
- IEA (2009), International Energy Agency. *Ensuring Green Growth in a Time of Economic Crisis: The Role of Energy Technology*. Paris. p. 7.
- IPCC (2007a), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. S. Solomon *et al.* (eds.), Cambridge: Cambridge University Press.
- IPCC (2007b), *Climate Change 2007: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. B. Metz *et al.* (eds.), Cambridge: Cambridge University Press.
- JAFFE, A. B., R. G. NEWELL y R. N. STAVINS (2003), «Technology Policy for Energy and the Environment» en A. Jaffe, J. Lerner y S. Stern, (eds.), *Innovation Policy and the Economy*, Conference Report, National Bureau of Economic Research.
- KYLE *et al.* (2009), «The Value of Advanced Technology in Meeting 2050 Greenhouse Gas Emissions Targets in the United States». *Energy Economics* 31(2), pp. 254-267.
- LEE J., *et al.* (2010), «Forcing technological change: A case of automobile emissions control technology development in the US». *Technovation* 30, pp. 249-264.
- MCDONALD, A., y L. SCHRATTENHOLZER (2002), «Learning Curves and Technology Assessment», *International Journal of Technology Management* 23, pp. 718-745.
- NHTSA (2010), National Highway and Traffic Safety Administration. «NHTSA and EPA establish new national program to improve fuel economy and reduce greenhouse gas emissions for passenger cars and light trucks». Consultado el 15 de agosto de 2010 en: <http://www.nhtsa.gov/fuel-economy>.
- NRC (2010a), National Research Council, *Limiting the Magnitude of Climate Change*, Washington, DC: The National Academies Press, p. 202.
- NRC (2010b), National Research Council, *Advancing the Science of Climate Change*, Washington, DC: The National Academies Press.
- NRC (2010c), National Research Council. *Adapting to the Impacts of Climate Change*, Washington, DC: The National Academies Press.
- POPP, D. (2003), «Pollution Control Innovations and the Clean Air Act of 1990», *Journal of Policy Analysis and Management* 22(4), pp. 641-660.
- ROSENFELD, A. H. (2008), «Energy Efficiency: The first and most profitable way to delay Climate Change». Ponencia Oppenheim, UCLA Institute of the Environment, University of California, Los Angeles, 25 de febrero. Consultado el 15 de marzo de 2008 en: <http://www.energy.ca.gov/commission/commissioners/rosenfeld.html>.
- RUBIN, E. S. (2001), *Introduction to Engineering and the Environment*, Boston, MA: McGraw-Hill.
- RUBIN, E. S., *et al.* (2004), «Learning Curves for Environmental Technology and Their Importance for Climate Policy Analysis», *Energy* 29, pp. 1551-1559.
- RUBIN, E. S., *et al.* (2007), «Use of Experience Curves to Estimate the Future Cost of Power Plants with CO₂ Capture», *International Journal of Greenhouse Gas Control* 1, pp. 188-197.
- RUBIN, E. S. (2009), *A Performance Standards Approach to Reducing CO₂ Emissions from Electric Power Plants*. Coal Initiative Reports, White Paper Series, Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change. Mayo.
- TAYLOR, M. R., E. S. RUBIN y D. A. HOUNSHELL (2005), «Control of SO₂ Emissions from Power Plants: A Case of Induced Technological Innovation in the US». *Technological Forecasting and Social Change* 72(6), julio, pp. 697-718.
- YEH *et al.* (2005), «Technology Innovations and Experience Curves for Nitrogen Oxides Control Technologies». *Journal of the Air & Waste Management Association*, 55, diciembre, pp. 1827-1838.

BBVA

Innovación para la vida con robots terapéuticos: Paro

Takanori Shibata

Instituto de Investigación de Sistemas Inteligentes, Instituto Nacional de Ciencia Industrial y Tecnología Avanzadas. Japón

INTRODUCCIÓN

Hace mucho tiempo que se sabe que la interacción con los animales resulta beneficiosa desde el punto de vista emocional para las personas. En los últimos años se ha investigado y demostrado científicamente el efecto que causan los animales en los seres humanos. Friedmann investigó el índice de supervivencia a un año de pacientes a los que se dio de alta en una unidad coronaria y encontró que la supervivencia entre quienes tenían mascotas era mayor que entre quienes no las tenían (Friedmann *et al.*, 1980). Baun *et al.*, observaron que la tensión arterial de los pacientes descendía cuando acariciaban a su perro (Baun *et al.*, 1984). Garrity *et al.* estudiaron a ancianos socialmente aislados que habían perdido a su pareja durante el año anterior, y hallaron que el grado de depresión entre quienes no tenían mascotas era mayor que entre quienes las tenían (Garrity *et al.*, 1989). Lago *et al.*, investigaron mediante entrevistas telefónicas cómo influía en los ancianos el hecho de tener mascotas o no. Estos autores revelaron que los índices de mortalidad y de desgaste eran superiores en personas que habían tenido mascotas en el pasado que en quienes las tenían en ese momento (Lago *et al.*, 1989). Hart *et al.*, examinaron la influencia social de los animales sobre los seres humanos y observaron que el número de desconocidos que se acercaban

de forma amistosa a personas que tenían perros era mayor que si no los tenían (Hart *et al.*, 1987).

Por lo que respecta a sus aplicaciones médicas, la terapia y las actividades con animales (TA y AA, respectivamente) se utilizan cada vez más en hospitales y residencias de ancianos, especialmente en Estados Unidos (Delta Society, 1996; Fine, 2006). La TA se utiliza con fines específicos en los programas terapéuticos diseñados por médicos, enfermeras o trabajadores sociales en colaboración con voluntarios. Por otra parte, las AA hacen referencia a la interacción de los pacientes con animales sin necesidad de que existan objetivos terapéuticos concretos y suelen correr a cargo de personas voluntarias. La TA y las AA se utilizan con tres finalidades:

1. Efecto psicológico (por ejemplo, relajación o motivación)
2. Efecto fisiológico (por ejemplo, mejora de las constantes vitales)
3. Efecto social (por ejemplo, estímulo para la comunicación entre los pacientes ingresados y sus cuidadores)

Buena muestra de ello es el caso de un niño hospitalizado que sufría intensos dolores a causa de su enfermedad y que tenía miedo de levantarse y caminar. Sin embargo, cuando se le pidió que llevara a pasear a un perro como terapia, de inmediato accedió y comenzó a andar alegremente,

como si todo su dolor hubiera disminuido. Asimismo, el perro le servía para relacionarse con los otros niños (Kale, 1992). En otro caso, las capacidades lingüística y motora de un niño que no podía ni hablar ni caminar por exposición prenatal al crack mejoraron tras establecer una relación terapéutica con perros y pájaros (Delta Society, 1991).

En los pacientes con sida es importante reducir el estrés, ya que se trata de un factor estrechamente relacionado con las complicaciones que generan las deficiencias inmunitarias. La TA les ayuda a relajarse y a permanecer conectados con el mundo (Haladay, 1989).

Además de producir estos efectos, la TA y las AA en las residencias de ancianos contribuyen a su rehabilitación y permiten a los pacientes a los que les queda poco tiempo de vida reírse y disfrutar (Gammonley y Yates, 1991). La TA alivia la soledad en las personas ingresadas en residencias durante periodos prolongados (Banks y Banks, 2002). La presencia de animales con fines terapéuticos ha resultado especialmente útil para mitigar las conductas de agitación, para reducir el número de episodios de agresión verbal y de ansiedad, y para estimular la interacción social en ancianos internados con demencia (Richeson, 2003; Fick, 1993; Fritz *et al.*, 1995).

Sin embargo, a pesar de ser conscientes de los efectos positivos de la TA y de las AA, en la mayoría de los hospitales y residencias no permiten tener animales, sobre todo en Japón, por temor a los efectos negativos que pueden tener sobre las personas, como por ejemplo, reacciones alérgicas, infecciones, mordeduras y arañazos.

Muchos países avanzados se están convirtiendo en sociedades con una media de edad elevada. Entre ellos destaca Japón, donde en 2010 el 23,1% de la población (29,4 millones de personas de un total de 127) tiene más de sesenta y cinco años. Muchos ancianos se mantienen en buenas condiciones de salud, pero algunos necesitan atención domiciliaria o en instituciones, en función de su grado de discapacidad física y de si padecen alguna alteración cognitiva. Por lo

que respecta a estas últimas, la demencia constituye un problema muy complicado. En 2010 hay en Japón cerca de dos millones de personas que padecen demencia.

La asistencia mental de los ancianos representa un grave problema para los cuidadores en las residencias (Daies y Knapp, 1981). Las personas mayores se deprimen con facilidad, ya que experimentan situaciones difíciles, como la pérdida de su familia, de sus amistades, de su papel social y de sus funciones físicas. Los trastornos depresivos son frecuentes entre los ancianos internados en residencias (WPA/PID). A estos se unen los que padecen otras enfermedades mentales, como la demencia, que causa alteraciones psiquiátricas y conductuales, entre ellas, alucinaciones, agresiones y vagabundeo (ADI, 1999). Estos trastornos influyen negativamente en la calidad de vida de las personas y de sus cuidadores. Así pues, para tratar de comunicarse con los ancianos, los cuidadores organizan actividades lúdicas tales como cantar, colorear, dibujar o hacer papiroflexia. No obstante, a algunas personas les resulta embarazoso cantar y otras, como consecuencia de su enfermedad, tienen dificultades para mover los dedos al dibujar. Por otra parte, a los cuidadores les puede resultar difícil comunicarse con estos ancianos debido a la falta de intereses comunes.

En este artículo se muestra la robototerapia como «innovación para la vida» y se examina su potencial para el cuidado de las personas mayores. En la sección siguiente hablaremos de un nuevo campo dentro de la robótica, el de los robots interactivos para el enriquecimiento psicológico humano. A continuación, pasaremos revista a las funciones que deben tener los robots terapéuticos y mostraremos cómo es el robot foca Paro. Por último, veremos ejemplos de robototerapia para ancianos y extraeremos algunas conclusiones.

ROBOTS INTERACTIVOS PARA EL ENRIQUECIMIENTO PSICOLÓGICO HUMANO

Los robots industriales se han utilizado con frecuencia en la industria manufacturera desde principios de la década de 1960. Por lo general,

los robots industriales suelen realizar tareas de soldadura, ensamblaje, pintura, envasado y paletización en el sector automovilístico y en otros. Estos robots trabajan con gran rapidez y precisión, aunque inicialmente necesitan que un operario humano les enseñe y que su entorno esté diseñado especialmente para que puedan realizar sus tareas. La mayoría de los robots industriales se consideran un peligro en potencia para las personas y por tanto permanecen aislados de estas.

Posteriormente, el rápido desarrollo de las altas tecnologías ha dado lugar a la creación de robots no solo para las fábricas, sino también para nuestro entorno cotidiano, como sucede con hogares, oficinas y hospitales. Por ejemplo, las sillas de ruedas robotizadas permiten a las personas mayores desplazarse con facilidad en el exterior (Matsumoto *et al.*, 2006). Los trajes robotizados, que amplían las capacidades físicas humanas, podrán reducir la carga de trabajo de los cuidadores (véase HAL). Existe un robot para cabalgar que incrementa la fuerza física del paciente (véase JOBA). En particular, se espera que los robots interactivos para el enriquecimiento psicológico humano representen una nueva aplicación de la robótica y están atrayendo a numerosos investigadores y empresas (Shibata, 2004).

Los robots interactivos están diseñados para el entretenimiento, la comunicación (actividad social), la orientación, la educación, el bienestar, la psicoterapia y con otros fines. Para ello se han creado diversos tipos de robots, ya sea con formas específicas, humanas o de animales.

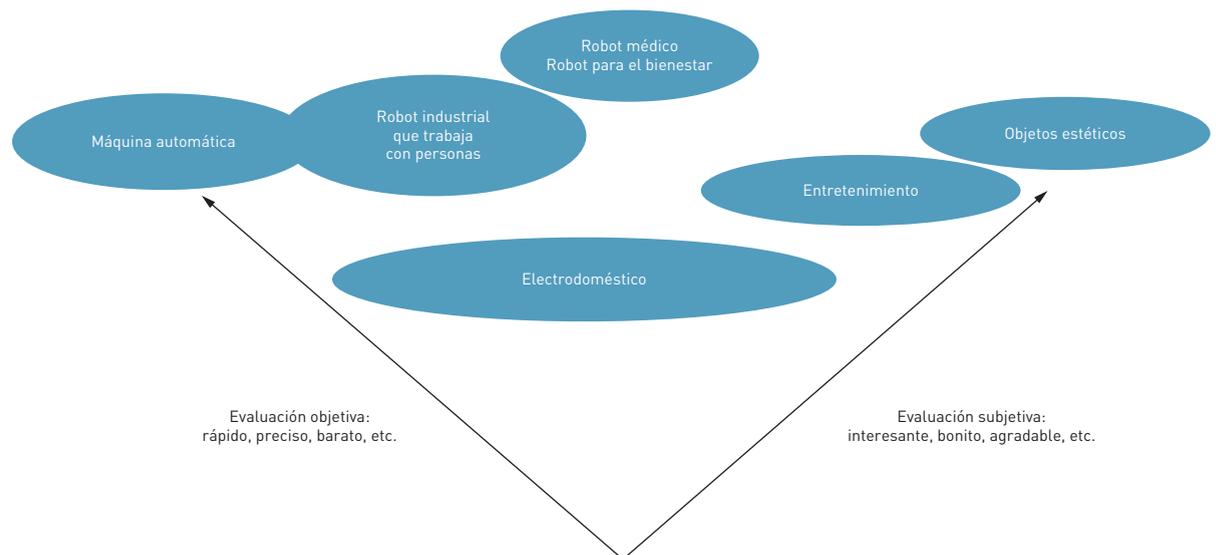
Estos robots permiten una mayor interacción con el ser humano que los industriales. No solo son objeto de mediciones objetivas —como la rapidez y la precisión—, sino también subjetivas en cuanto a su interacción con las personas, como por ejemplo, midiendo el grado de bienestar y de alegría que proporcionan. Los robots de entretenimiento ejemplifican la importancia que tiene la evaluación subjetiva de su valor (figura 1).

Existen cuatro categorías de robots interactivos para el enriquecimiento psicológico humano atendiendo a la relación que pueden mantener con las personas: 1. robots intérpretes; 2. robots intérpretes accionados a distancia; 3. robots que se pueden manejar, construir, programar y controlar; y 4. robots autónomos interactivos.

1. Robots intérpretes

Los robots intérpretes poseen una larga historia y son capaces de realizar movimientos con sentido para los seres humanos, principalmente

Figura 1. Mediciones objetivas y subjetivas para evaluar los dispositivos



con fines lúdicos. En el siglo XVIII se crearon en Suiza marionetas mecánicas que tocaban el órgano, dibujaban y escribían cartas. Por entonces en Japón también existían las muñecas Karakuri, que bailaban o hacían trucos de magia, por ejemplo. Recientemente se han utilizado numerosos robots intérpretes en exposiciones, museos, películas y parques de atracciones, como en Disneylandia y en los Estudios Universal. A esta categoría pertenecen también algunos robots humanoides, como el ASIMO de Honda y el Qrio de Sony (Hirai, 1998; Kuroki *et al.*, 2002). Un robot intérprete puede entretener a un público considerable en cualquier momento. Sin embargo, sus movimientos tal vez estén preprogramados y sean en su mayoría repetitivos; así pues, por lo general no interactúan mucho con el ser humano. Para entretener a las personas se necesita un robot con un alto grado de complejidad.

Robots intérpretes accionados a distancia

Los robots intérpretes accionados a distancia los maneja por control remoto un operario oculto. Sus movimientos pueden parecer reactivos para las personas que interactúan con ellos, porque el operario, en función de lo que haga el público, envía órdenes al robot para simular conductas reactivas. En las exposiciones o en los parques de atracciones, por ejemplo, se utilizan robots intérpretes humanoides controlados a distancia.

Manejo, construcción, programación y control de robots

Al ser humano le divierte y agrada mucho manejar, construir, programar y controlar robots. Es más, podemos observar lo que hace el robot que estamos manejando. Una sencilla muestra es el *UFO catcher*, máquina de juegos con forma de animal de peluche que se encuentra en centros recreativos. En esta categoría también se incluye la construcción y programación de robots. Un conocido ejemplo de ello son las competiciones entre robots, como Micro-mouse, RoboCup (fútbol robótico, Kitano *et al.*, 1998) y Robo-One (lucha libre entre robots, véase Robo-One), al igual que

Lego-Mindstorms o I-Blocks. Dado que la construcción y programación de robots puede estimular la creatividad infantil, estas iniciativas suelen denominarse de *edutenimiento*, ya que combinan el entretenimiento con la educación (Druin y Hender, 2000; Lund, 2004).

Robots autónomos interactivos

Los robots autónomos interactivos se relacionan con los seres humanos en el mundo físico. Utilizan comunicación verbal y no verbal, dependiendo de las funciones de los robots. A diferencia de los robots de las demás categorías, las interacciones entre los humanos y estos robots son generalmente personales. Por ejemplo, el perro robot de Sony, AIBO, diseñado con fines de entretenimiento, tiene un aspecto mecánico y llama la atención de la gente utilizando la comunicación no verbal (Fujita, 2004). El robot de comunicaciones ifbot es capaz de mantener una conversación utilizando expresiones faciales y un gran número de situaciones de conversación preparadas (véase ifbot). El terminal de información amistoso con el ser humano PaPeRo puede controlar los electrodomésticos y obtener información de Internet mediante comandos de voz, e incluso entretener a la gente bailando y jugando (véase PaPeRo). También pertenecen a esta categoría los robots guías de museos y exposiciones (Bischoff y Graefe, 2004), así como los creados para instituciones mentales que se describen en este artículo.

Dentro del campo del bienestar y de la terapia cognitiva, Shibata *et al.* han estudiado y creado un robot para instituciones psiquiátricas con el fin de producir efectos mentales, como placer y relajación, adoptando el papel de robot personal (véase Shibata, 1996-2009). Proponen también la *roboterapia*, que utiliza los robots con fines terapéuticos y para realizar actividades en sustitución de los animales. La roboterapia se dirige a aquellas personas ingresadas en centros de carácter médico y social en los que no se permite la entrada de animales. Así pues, se ha creado un robot para instituciones psiquiátricas en forma de foca llamado Paro (figura 2), que se emplea

en varios países para su uso especialmente en hospitales pediátricos y residencias de ancianos como roboterapia. Investigaciones recientes han revelado que la roboterapia produce los mismos efectos sobre las personas que el tratamiento con animales y en particular se considera un nuevo método para responder a las necesidades cognitivas de las personas mayores (incluidos los pacientes con demencia).

ROBOT TERAPÉUTICO

Requisitos funcionales

En la roboterapia es importante reavivar en las personas los conocimientos y las experiencias vividas con los animales mediante la interacción con los robots y despertar los mismos sentimientos que cuando se relacionan con ellos. Así pues, los robots deben tener formas, sensaciones táctiles, conductas autónomas y respuestas que imiten a las de los animales.

Por otra parte, los dispositivos se utilizan no solo en hogares, sino también en hospitales y residencias de ancianos. Se espera que muchas personas que han perdido su fuerza física y su capacidad de recuperación a consecuencia de la edad y de las enfermedades interactúen con los

robots. Por tanto, los robots deberían gozar de rápida aceptación por parte de las personas, además de ser inofensivos e higiénicos. Un aspecto que preocupa en relación con estos robots es la posibilidad de que las personas interactúen físicamente con ellos tocándolos y abrazándolos, lo cual podría causar lesiones. Asimismo, podrían transmitir gérmenes a las personas con sistemas inmunitarios deteriorados, como los pacientes con leucemia de los hospitales. Además, algunas personas pasan en los centros sanitarios solo unas horas cada vez para recibir tratamiento diurno y ambulatorio, pero otras pueden permanecer ingresadas durante años (como en el caso de las residencias y de los ingresos hospitalarios de larga duración). Así pues, los robots tienen que mantener una interacción a largo plazo con las personas en su vida cotidiana.

Si lo desean, estos robots los pueden utilizar médicos, enfermeros, terapeutas, cuidadores y voluntarios solo durante cierto tiempo. Igualmente, los usuarios pueden jugar con ellos en cualquier momento, de manera que es importante que estén diseñados de forma que cualquiera los pueda manejar sin necesidad de poseer conocimientos especializados.

Figura 2. Paro, el robot foca



El robot para instituciones psiquiátricas Paro

Los robots para instituciones psiquiátricas no están diseñados para realizar trabajos físicos o servicios para las personas (véase Shibata, 1996-2009). Su función consiste en producir efectos mentales, como placer y relajación, adoptando el papel de robots personales. Estos robots actúan de forma independiente con determinados propósitos y motivos, al tiempo que reciben estimulación del entorno, como sucede con los organismos vivos. Las acciones que realizan durante su interacción con las personas se pueden interpretar como si los robots tuvieran corazón y sentimientos.

Los robots para instituciones psiquiátricas pueden estimular los distintos sentidos humanos mediante la interacción física. Así pues, la principal característica de estos robots es la comunicación no verbal. Se llevó a cabo un experimento básico de psicología sobre la interpretación subjetiva y la evaluación de la conducta de robots después de interactuar con ellos. Este estudio puso de manifiesto la importancia que tiene estimular adecuadamente los sentidos humanos y establecer asociaciones. Se investigaron y crearon sistemas de sensores visuales, auditivos y táctiles para los robots, así como un sensor táctil flexible y plano que lo recubriera por completo para mejorar el contacto corporal entre este y las personas (Shibata, 2004). Dicho sensor es capaz de detectar la posición y la fuerza con la que las personas tocan el robot y al mismo tiempo es blando al tacto.

Las formas de los animales robóticos se pueden clasificar en tres categorías:

1. Animales conocidos (perro, gato)
2. Animales poco conocidos (por ejemplo, foca)
3. Animales o personajes imaginarios

Se elaboraron prototipos de perro, gato y foca. El robot funciona utilizando los tres elementos de sus estados internos, la información procedente de sus sensores y su propio ritmo diurno (mañana, tarde y noche) para realizar diversas actividades durante su interacción con las personas.

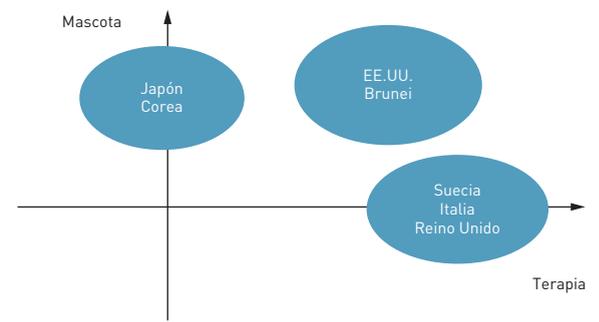
Se llevaron a cabo evaluaciones subjetivas del gato y de la foca robot mediante un cuestionario (Shibata *et al.*, 1999; Shibata y Tanie, 2000). Ambos robots obtuvieron elevadas puntuaciones. Sin embargo, los sujetos se quejaban de que el gato era blando y de que sus reacciones eran distintas de las que conocían de los gatos reales. Por otra parte, la mayoría de las personas no poseen muchos conocimientos sobre las focas y por tanto no podían comparar al robot foca con sus conocimientos sobre este animal; de ahí que el robot foca se evaluara más positivamente tras la interacción. Estos resultados revelaron que había más personas que aceptaban al robot si tenía la forma de un animal poco conocido.

Se realizaron estudios transculturales sobre la evaluación subjetiva del robot foca en siete países distintos: Japón, Reino Unido, Suecia, Italia, Corea, Brunei y Estados Unidos (Shibata *et al.*, 2002; Shibata *et al.*, 2009). Para ello, se recabaron los datos de unos dos mil encuestados. La evaluación subjetiva mostró puntuaciones elevadas en general y reveló que el robot foca podía gozar de amplia aceptación a pesar de las diferencias culturales y religiosas. Sin embargo, a juzgar por los resultados del análisis del principal componente, había dos clases de expectativas en torno a Paro: una como mascota y otra como terapia (figura 3). En los países asiáticos (Japón y Corea) las personas deseaban que Paro fuera una mascota, pero no con fines terapéuticos. Por el contrario, en los países europeos (Reino Unido, Suecia e Italia), se consideraba a Paro más útil como terapia que como mascota. Por su parte, en Estados Unidos y en Brunei parecía adecuado para ambos fines. Esto puede deberse a los diferentes tipos de relación que existen en cada país entre las personas y las mascotas y a las actitudes hacia los robots en general. En Asia las mascotas gozan de popularidad, pero están consideradas como inferiores a los seres humanos. Además, la terapia con animales está poco difundida y no se confía mucho en ella. Por otra parte, en los países occidentales, se quiere a las mascotas y se las considera al mismo nivel o incluso superiores

a las personas. A todo esto se añade que allí la terapia con animales es muy conocida y está extendida en la práctica. Sin embargo, los robots se consideran como algo peligroso o incluso nocivo, además de que algunas personas temen que les vayan a quitar su puesto de trabajo.

El robot foca para instituciones psiquiátricas Paro ha sido diseñado para utilizarse tanto como mascota como con fines terapéuticos. Aunque Paro está cubierto de peluche blanco o dorado claro (figura 2), su interior alberga dispositivos de alta tecnología (figura 4). Dispone de sensores táctiles repartidos por toda su superficie, situados entre el rígido esqueleto interior y la piel, para conseguir un tacto suave y natural, así como para poder medir el contacto humano con Paro. Su tamaño y su peso (aproximadamente de 2,7 kg) se asemejan a los de un bebé humano. Paro posee cuatro sentidos: vista (sensor de luz), oído (cálculo de la dirección de la que proviene el sonido y reconocimiento del habla), equilibrio y tacto. Cuenta además con un sensor de temperatura

Figura 3. Expectativas sobre Paro según los resultados obtenidos con los cuestionarios en siete países



para mantenerlo a una temperatura corporal constante templada. Sus piezas móviles permiten realizar movimientos vertical y horizontal del cuello, movimientos de la aleta hacia adelante y hacia atrás, así como movimientos independientes para cada párpado, aspecto importante si se quieren conseguir expresiones faciales.

Para poder obtener una puntuación elevada en la interacción subjetiva con las personas, Paro

Figura 4. Sensores, accionadores, sistemas de control distribuido e inteligencia artificial en el robot Paro

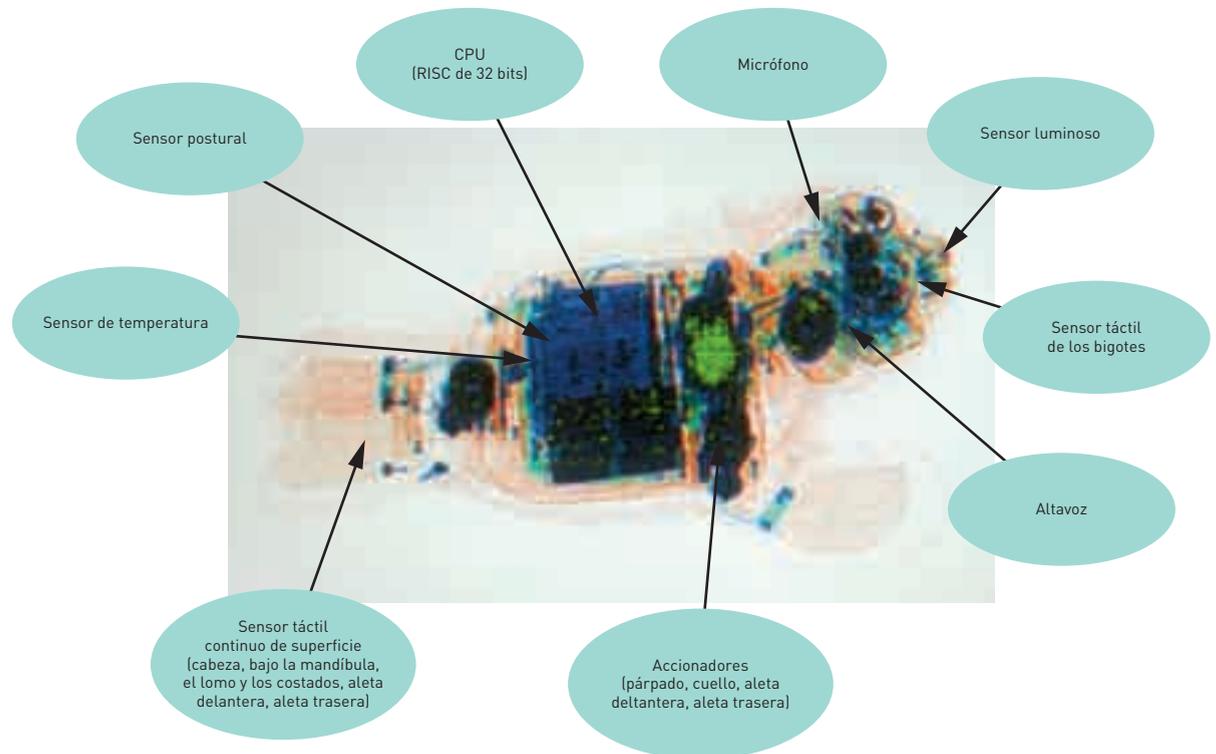


Figura 5. Proceso de fabricación manual



(a) Recorte del peluche



(b) Cosido de las pestañas

se ha diseñado funcionalmente para ser suave y dar sensación de calidez. Todas las unidades están recubiertas de peluche y tienen las pestañas cosidas a mano para lograr un producto de alta calidad (figura 5). Por otra parte, el tejido de peluche utilizado es antibacteriano y resistente a la suciedad, además de que no se desprende. El circuito interno dispone de un protector electromagnético para evitar interferencias en los marcapasos cardíacos. La prueba de tensión no disruptiva, el ensayo de caída, la prueba de 100.000 caricias y una prueba clínica a largo plazo realizada durante siete años confirman que Paro es muy seguro y duradero. Está diseñado para ser suficientemente sencillo como para que lo pueda manejar cualquiera. Dispone solo de un interruptor de encendido y apagado y el cargador tiene forma de chupete. Por lo que respecta a su inteligencia artificial, las funciones de aprendizaje de

su nombre y de sus comportamientos permiten a los usuarios establecer poco a poco una relación con él, lo cual evita que pierdan interés y les anima a mostrar su afecto hacia Paro. Para imitar los movimientos y el aspecto de los bebés de foca rayada se han realizado estudios ecológicos y se han muestreado e incorporado al robot sonidos reales de bebés foca.

Roboterapia

Este robot foca se utiliza para administrar roboterapia en hospitales y residencias de numerosos países, como Japón, Suecia, Dinamarca, Italia y Estados Unidos. La roboterapia consiste en el uso de robots para la realización de programas terapéuticos diseñados por médicos, enfermeros y trabajadores sociales, así como para actividades asistidas que permiten a los pacientes interactuar con robots sin necesidad

de un objetivo terapéutico concreto. Estas actividades no dependen de voluntarios, sino que las supervisa el personal del centro. La roboterapia se emplea sobre todo en centros médicos como hospitales y clínicas, mientras que las actividades con robots se llevan a cabo en instituciones de carácter social, tales como residencias de ancianos (figura 6).

Roboterapia para personas mayores

Un ejemplo de roboterapia es el uso que se ha dado a Paro para ayudar a ancianos en centros de día (Shibata *et al.*, 2001; Saito *et al.*, 2002; Wada *et al.*, 2004). Los efectos de los robots foca sobre las personas mayores se han investigado evaluando su estado de ánimo mediante escalas faciales (Lorish y Maisiak, 1986) y cuestionarios. Los cambios en sus reacciones al estrés se midieron a través de los niveles hormonales de sulfato de 17-oxoesteroides (17-KS-S) y de 17-hidroxicorticosteroides (17-OHCS) en orina (Selye, 1970; Nishikaze *et al.*, 1995). También se investigó el estrés del personal de la residencia mediante cuestionarios como la escala de desgaste profesional (Pines, 1981). El centro de día utilizó robots foca durante cinco semanas y los sentimientos de los ancianos mejoraron gracias a su interacción con los robots. Las muestras de orina obtenidas revelaron que también había aumentado su capacidad para superar el estrés. Asimismo, el nivel de estrés del personal descendió porque los

ancianos necesitaban menos supervisión mientras interactuaban con los robots.

En agosto de 2003 comenzó un experimento a largo plazo en una institución sanitaria (Wada *et al.*, 2004), en el cual alrededor de 10 personas interactuaron con Paro durante una hora dos veces por semana. Uno o dos cuidadores organizaban la interacción con Paro. Para investigar los efectos de Paro se utilizaron una escala facial y escalas geriátricas de depresión (Yesavage, 1988). Los resultados mostraron que los sentimientos de los ancianos habían mejorado a lo largo del año y que también se había reducido el grado de depresión de los participantes. Los cuidadores comentaron que la interacción con Paro había conseguido que los ancianos se rieran y fueran más activos. Sus expresiones faciales cambiaron, se suavizaron y se iluminaron. En el día en que realizaban la actividad estaban deseosos de interactuar con Paro, e incluso ocupaban sus asientos antes de empezar la sesión. Algunas personas que generalmente se quedaban en sus habitaciones salían y se sumaban a la actividad de buen grado. Asimismo, Paro animaba a la gente a comunicarse entre sí y con sus cuidadores, al convertirse en un tema común de conversación. Todo ello mejoró el ambiente general. Estos ancianos todavía disfrutaban jugando con Paro.

En otro caso se introdujo a Paro en la zona pública de un centro de convalecencia, una especie de centro comunitario para ancianos y se

Figura 6. Interacciones entre personas mayores y Paro



mantuvo encendido durante más de nueve horas cada día para que los investigadores estudiaran los efectos que producía la interacción libre con él (Wada y Shibata, 2007). Para examinar los efectos psicológicos y sociales se entrevistó a cada sujeto y se analizó su red social. Asimismo, se grabaron en vídeo las actividades de los residentes en las zonas públicas y se midieron sus niveles de 17-KS-S y de 17-OHCS en orina. Los resultados indicaron que la interacción con Paro incrementó sus relaciones sociales. Por otra parte, los análisis de orina mostraron que las reacciones de los órganos vitales de los sujetos al estrés mejoraron después de interactuar con Paro.

Efectos en los pacientes con demencia

La demencia constituye un grave problema en el cuidado de las personas mayores. Según Alzheimer's Disease International (ADI; organización internacional para la enfermedad de Alzheimer), se calcula que unos 24,4 millones de personas sufren demencia en todo el mundo y esta cifra alcanzará los 82 millones de personas en 2040. Se trata de un trastorno neurológico incapacitante y progresivo que se produce como consecuencia de muy diversas enfermedades. Su causa más común es la enfermedad de Alzheimer, que afecta aproximadamente a la mitad de las personas con demencia. Otras causas posibles son ciertas alteraciones vasculares, la demencia con cuerpos de Lewy y muchas otras enfermedades (véase ADI, 1999). Los trastornos psiquiátricos y conductuales, como los cambios de personalidad, las alucinaciones, las ideas paranoides, las agresiones, el vagabundeo y la incontinencia son rasgos característicos habituales en la demencia y constituyen el principal motivo por el cual estas personas requieren asistencia a largo plazo (Garrity *et al.*, 1989). La administración de donepezilo, el ejercicio físico y el control de la dieta tratan de ralentizar el avance de la demencia (Andrade y Radhakrishnan, 2009). Sin embargo, por desgracia, no existe hasta el momento ninguna cura definitiva para la demencia. Los últimos datos indican que

el arte, la música y el aprendizaje, actividades que estimulan las emociones y el cerebro de los pacientes, pueden conseguir que avance más despacio una vez ha comenzado (Kimura *et al.*, 2002; Brotons y Koger, 2000; Kawashima, 2002). No obstante, todos estos tratamientos son aún susceptibles de mejora.

Por lo que respecta a la interacción entre Paro y los pacientes con demencia en las residencias de personas mayores, se han observado mejoras conductuales en diversos casos. Por ejemplo, un paciente que se quejaba constantemente consiguió relajarse y empezó a hablar con el terapeuta (Marti *et al.*, 2006). Después de jugar con Paro, otra paciente que a menudo intentaba regresar a su casa dejó de hacerlo: sus síntomas de vagabundeo habían mejorado.

En una clínica de neurocirugía se investigaron los efectos fisiológicos de la roboterapia en pacientes con demencia (Wada *et al.*, 2008). Con este fin, se utilizó el Método de diagnóstico para la disfunción neuronal (DIMENSION, por su acrónimo en inglés), en el que se obtiene un EEG de cada paciente antes y después de 20 minutos de roboterapia (Musha *et al.*, 2002). Igualmente, se sometió a los sujetos a un cuestionario para conocer la impresión que les había causado Paro. Los resultados mostraron que la interacción con este robot mejoró la actividad de las neuronas corticales en el 50% de 14 sujetos válidos, fenómeno que se dio especialmente en los pacientes a los que les había gustado mucho Paro.

El coste que supone atender a un paciente con demencia a través del sistema de seguridad social asciende en Japón a unos 40.000 dólares USA al año y la esperanza de vida de estas personas está en torno a los ocho años. En Dinamarca este coste es de alrededor del doble. Esto representa una enorme carga para los municipios que ofrecen seguros de asistencia a largo plazo. Se necesitan urgentemente métodos útiles y prácticos para prevenir la demencia. Paro se lanzó al mercado en 2005 y su precio ronda los 4.600 euros. Sin embargo, sus costes de explotación se reducen prácticamente a la recarga

de la batería, ya que está diseñado para durar más de diez años y Paro se puede utilizar incluso sin necesidad de que intervenga un terapeuta debidamente cualificado, aunque en la Unión Europea es necesario asistir a un seminario de un día de duración para poder manejarlo. Diversos municipios japoneses han percibido la utilidad de Paro y se han mostrado a favor de su uso. Por ejemplo, la ciudad de Nanto en Toyama (Japón) ha adquirido ocho unidades para sus centros de día y la población de Tsukuba, en Ibaraki, ofrece subvenciones para la adquisición de Paro.

Por su parte, un centro para personas con demencia de Copenhague (Dinamarca) ha investigado los efectos de la roboterapia sobre estos pacientes en el marco del proyecto nacional *Be-Safe*. Se introdujeron doce unidades de Paro en diez lugares diferentes. Los resultados obtenidos durante este ensayo clínico de siete meses de duración indican que Paro influyó positivamente en los pacientes. A raíz de estos hallazgos, el gobierno danés decidió introducir 1.000 unidades de Paro en casi todas las instituciones para ancianos de Dinamarca. Hasta el momento, en 2010 más de 200 personas con licencia han estado utilizando Paro en más de un centenar de instituciones. Otros países europeos, como Noruega, los Países Bajos y Alemania, han adoptado el mismo sistema y han implantado el uso de Paro bajo el control de personas debidamente tituladas.

Otras investigaciones

Algunas iniciativas han intentado administrar también roboterapia (Libin y Libin, 2004; Kanamori *et al.*, 2002; Tamura *et al.*, 2004) mediante el uso de robots comercializados con formas de animales, como AIBO y NeCoRo (véase NeCoRo). Por ejemplo, Libin introdujo NeCoRo en una residencia de ancianos y observó las interacciones de los pacientes (Libin y Libin, 2004). Igualmente, Kanamori *et al.* (2002), examinaron los efectos de AIBO en los ancianos ingresados en una residencia; a través de la medición de las hormonas presentes en la saliva, encontraron que el estrés descendía después de interactuar durante una

hora con AIBO y que disminuía el grado de soledad después de 20 sesiones a lo largo de siete semanas. Tamura *et al.* compararon los resultados obtenidos tras la exposición de pacientes a AIBO y a un perro de juguete (Tamura *et al.*, 2004). Observaron que AIBO no fomentaba mucho la interacción y que requería más intervención por parte de un terapeuta ocupacional.

Dado que no están diseñados con fines terapéuticos, estos robots de uso comercial se rompen con facilidad durante la interacción con las personas, por lo que resulta difícil utilizarlos a largo plazo.

CONCLUSIÓN

Se han creado diversos robots que están entrando en nuestras vidas como productos comerciales. Cada robot está diseñado con un fin específico. Paro, el robot foca para instituciones psiquiátricas cuyo objetivo consiste en enriquecer la vida cotidiana y en mejorar las condiciones mentales de los pacientes como una «innovación para la vida», está diseñado para mantener una interacción a largo plazo con las personas y beneficiarles desde el punto de vista psicológico, fisiológico y social.

La roboterapia, esto es, el tratamiento mental mediante el uso de robots con forma de animales, constituye un terreno emergente. Los resultados de los experimentos exploratorios indican que Paro posee un gran potencial para proporcionar ayuda mental a las personas mayores. Sin embargo, será necesario investigar con más sujetos y con un grupo de control para confirmar científicamente sus efectos. Está previsto realizar más investigaciones con este fin en el futuro.

Por lo que respecta a la dimensión ética, los experimentos antes mencionados en los que se ha utilizado Paro se han llevado a cabo bajo la supervisión del comité de ética de cada organización. Solo han participado aquellas personas que deseaban recibir roboterapia o cuya participación ha sido autorizada por los familiares. Por otra parte, a algunas personas tal vez les preocupe que los ancianos pasen mucho tiempo

solos mientras el cuidador los deja interactuar con Paro; sin embargo, sucede lo contrario. Paro puede ser un mediador social entre ellos al convertirse en un tema común de conversación y de este modo animarles a comunicarse entre sí (figura 7). En la actualidad, la práctica de la roboterapia se deja en manos de los cuidadores y sus efectos dependen de ellos. Para desarrollar el potencial de Paro será preciso seguir investigando sobre cómo utilizarlo eficazmente.

Ya se han vendido en todo el mundo alrededor de 1.700 unidades de Paro (unas 1.500 en Japón, 120 en Dinamarca y un centenar más en otros países). Paro goza de gran aceptación y se ha observado que sus efectos psicológicos son similares en todos los países. No obstante, al comienzo de su uso existen algunas diferencias culturales en cuanto a la aceptación de Paro. Los europeos tienden a apreciar los efectos de la interacción con Paro y lo admiten como método terapéutico, dado que el uso de la terapia con animales está muy extendido entre centros hospitalarios y residencias de personas mayores. Por consiguiente, todas las unidades de Paro que existen en Europa se hallan en instituciones. Sin embargo, en los países asiáticos la terapia con animales no goza de la misma aceptación, aunque muchas personas hayan adoptado mascotas recientemente. En Japón, casi el 70% de los usuarios de Paro son particulares y le ven más como a un compañero que como a un recurso terapéutico. Por su parte, en Estados Unidos tienden a considerarle tanto como un instrumento con fines terapéuticos como un elemento de compañía (Shibata *et al.*, 2009), a pesar de que la Food and Drug Administration (FDA; organismo para el control de alimentos y medicamentos) estadounidense clasificó a Paro como «dispositivo médico» en 2009. Así pues, es importante introducir Paro de una manera adecuada en función de las diferencias culturales.

En la sociedad se está extendiendo el uso de la roboterapia dentro de los centros médicos y sociales. No obstante, será necesario seguir investigando para incorporar la roboterapia a gran escala en nuestras sociedades.

Figura 7. Paro como mediador social entre el anciano y el cuidador en una residencia asistida en Dinamarca



BIBLIOGRAFÍA

- ADI FACTSHEET (1999), Alzheimer's Disease International: «The prevalence of dementia»; 3.
- ADI FACTSHEET (1999), Alzheimer's Disease International: «Psychiatric and Behavioural Disturbances in Dementia»; 7.
- ANDRADE, C., y R. RADHAKRISHNAN (2009), «The Prevention and Treatment of Cognitive Decline and Dementia: An Overview of Recent Research on Experimental Treatments», *Indian J Psychiatry* 51(1), pp. 12-25.
- BANKS MARIAN, R., y William A. BANKS (2002), «The Effects of Animal-Assisted Therapy on Loneliness in an Elderly Population in Long-Term Care Facilities», *J Gerontol A: Biol Sci Med Sci* 57, pp. 428-432.
- BAUN, M., N. BERGSTROM, N. LANGSTON y L. THOMA (1984), «Physiological Effects of Human/Companion Animal Bonding», *Nurs Res* 33(3), pp. 126-129.
- BISCHOFF, R., y V. GRAEFE (2004), «HERMES – a Versatile Personal Robotic Assistant», *Actas IEEE* 92(11), pp. 1759-1779.
- BROTONS M., y S. KÖGER (2000), «The Impact of Music Therapy on Language Functioning in Dementia», *J Music Ther* 37(3), pp. 183-195.
- DAIES, B., y M. KNAPP (eds.) (1981), *Old People's Homes and the Production of Welfare*. Londres: Routledge & Kegan Paul PLC.
- DELTA SOCIETY (1991), «Animal-Assisted "Therapy and Crack Babies: a New Frontier"», *Newsletter* 1(2).
- DELTA SOCIETY (1996), *Standards of Practice for Animal-Assisted Activities and Therapy*.
- DRUIN, A., y J. HENDLER (eds.) (2000), *Robots for Kids; Exploring New Technologies for Learning*, San Francisco: Morgan Kaufmann.
- FICK, K. M. (1993), «The influence of an animal on social interactions of nursing home residents in a group setting», *Am J Occupat Ther* 47(6), pp. 529-534.
- FINE, A. H. (2006), *Handbook on Animal Assisted Therapy: Theoretical Foundations and Guidelines for Practice*, 2ª edición, Academic Press.
- FRIEDMANN, E., A. KATCHER, J. LYNCH y S. THOMAS (1980), «Animal Companions and One-year Survival of Patients after Discharge from a Coronary Care Unit», *Public Health Rep* 95(4), pp. 307-312.
- FRIITZ, C. L., *et al.* (1995), «Association with companion animals and the expression of noncognitive symptoms in Alzheimer's patients», *J Nerv Ment Dis* 183(7), pp. 459-463.
- FUJITA, M. (2004), «On Activating Human Communications With Pet-Type Robot AIBO», *Actas IEEE* 92(11), pp. 1804-1813.
- GAMMONLEY, J., y J. YATES (1991), «Pet Projects Animal Assisted Therapy in Nursing Homes», *J Gerontol Nurs* 17(1), pp. 12-15.

- GARRITY, T., L. STALLONES, M. MARX y T. JOHNSON (1989), «Pet Ownership And Attachment As Supportive Factors In The Health Of The Elderly», *Anthrozoos* 3(1), pp. 35-44.
- HAL, <http://www.cyberdyne.jp>.
- HALADAY, J. (1989), «Animal Assisted Therapy for PWAs – Bringing a Sense of Connection», *AIDS Patient Care*, pp. 38-39.
- HART, L., B. HART, B. BERGIN (1987), «Socializing Effects of Service Dogs for People with Disabilities», *Anthrozoos* 1(1), pp. 41-44.
- HIRAI, K. (1998), «Humanoid Robot and Its Applications», *Actas IARP Int Conf Humanoid and Human Friend Robot 1*, pp. 1-4.
- IFBOT. <http://www.business-designco.jp>.
- JObA, <http://panasonic.jp/fitness>.
- KALE, M. (1992), «Kids & Animals», *Inter Actions* 10(3), pp. 17-21.
- KANAMORI, M., M. SUZUKI y M. TANAKA (2007), «Maintenance and Improvement of Quality of Life among Elderly Patients Using a Pet-Type Robot», *Nippon Ronen Igakkai Zasshi* 39(2), pp. 214-218.
- KAWASHIMA, R. (2002), «[Cognitive rehabilitation for Alzheimer disease-the learning therapy]», *Rinsho Shinkeigaku* 45(11), pp. 864-866.
- KIMURA, S., K. KANEKO, K. NISHIDA, K. SEKINE, T. MUSA y M. OH (2002), «[Effectiveness of the Creative Art Therapy by Using the Diagnosis Method of Neuronal Dysfunction (DIMENSION)]», Informe del Kansei Fukushi Res Cent 3, pp. 195-200.
- KITANO, H., et al. (1998), «The Robocup '97 Synthetic Agents Challenge», en *RoboCup-97: Robot Soccer World Cup I*, Springer, pp. 62-73.
- KUROKI, Y., T. ISHIDA, J. YAMAGUCHI, M. FUJITA y T. DOI (2002), «A Small Biped Entertainment Robot. J. Robot», *Mechatron* 14(1), pp. 7-11.
- LAGO, D., M. DELANEY, M. MILLER y C. GRILL (1989), «Companion Animals, Attitudes Toward Pets, and Health Outcomes Among the Elderly: A Long-Term Follow-up», *Anthrozoos* 3(1), pp. 25-34.
- LIBIN, A., y LIBIN, E. (2004), «Person-Robot Interactions From the Robopsychologists' Point of View: The Robotic Psychology and Robototherapy Approach», *Actas IEEE* 92(11), pp. 1789-1803.
- LORISH, C. D., y R. MAISIAK (1986), «The Face Scale: A Brief, Nonverbal Method for Assessing Patient Mood», *Arthritis and Rheumatism* 29(7), pp. 906-909.
- LUND, H. (2004), «Modern Artificial Intelligence for Human-Robot Interaction», *Actas IEEE* 92(11), pp. 1821-1838.
- MARTI, P., M. BACIGALUPO, L. GIUSTI, C. MENNECOZZI y T. SHIBATA (2006), «Socially Assistive Robotics in the Treatment of Behavioural and Psychological Symptoms of Dementia», *Actas Int Conf BioRob*, pp. 483-488.
- MARTI, P., V. PALMA, A. POLLINI, A. RULLO y T. SHIBATA (2005) «My Gym Robot», *Actas Symp Robot Companions*, pp. 64-73.
- MATSUMOTO, O., K. KOMORIYA, T. HATASE y H. NISHIMURA (2006), «Autonomous Traveling Control of the "TAO Aicle" Intelligent Wheelchair», *Actas IEEE/RSJ Int Conf IROS*, pp. 4322-4327.
- MUSA, T., T. ASADA, F. YAMASHITA, T. KINOSHITA, Z. CHEN, H. MATSUDA et al. (2002), «A New EEG Method for Estimating Cortical Neuronal Impairment That Is Sensitive to Early Stage Alzheimer's Disease», *Neurophysiol Clin*, 113, pp. 1052-1058.
- NeCoRo. <http://www.necorocom/home.html>, en prensa.
- NISHIKAZE, O., et al. (1995) «Distortion of Adaptation (Wear & Tear and Repair & Recovery)-Urine 17- KS-Sulfates and Psychosocial Atresin», *Humans-Job Stress Res* 3, pp. 55-64.
- PaPeRo. <http://www.incxneccojp/robot/robotcenter.html>.
- PINES (1981), «The Burnout measure», artículo presentado en la Conferencia Nacional sobre el desgaste profesional en los servicios humanos. Filadelfia, noviembre.
- RICHESON, N. E. (2003), «Effects of animal-assisted therapy on agitated behaviors and social interactions of older adults with dementia», *Am J Alzheim Dis Other Dement* 18(6), pp. 353-358.
- ROBO-ONE. <http://www.robo-one.com>.
- SAITO, T., T. SHIBATA, K. WADA y K. TANIE (2002), «Examination of Change of Stress Reaction by Urinary Tests of Elderly before and after Introduction of Mental Commit Robot to an Elderly Institution», *Actas Int Symp AROB* 1, pp. 316-319.
- SELYE, H. (1970), «Stress and aging», *Journal of American Geriatric Society* 18, pp. 669-676.
- SHIBATA, T. (2004), «An Overview of Human Interactive Robots for Psychological Enrichment», *Actas IEEE* 92(11), pp. 1749-1758.
- SHIBATA, T. (2004), «Ubiquitous Surface Tactile Sensor», *TEXCRA*, p. 56.
- SHIBATA, T., K. INOUE y R. IRIE (1996), «Emotional Robot for Intelligent System – Artificial Emotional Creature Project», *Actas IEEE RO-MAN*, pp. 466-471.
- SHIBATA, T., y R. IRIE (1997), «Artificial Emotional Creature for Human-Robot Interaction – A New Direction for Intelligent System», *Actas IEEE/ASME Int Conf AIM* 47.
- SHIBATA, T., T. MITSUI, K. WADA y K. TANIE (2002), «Subjective Evaluation of Seal Robot: Paro – Tabulation and Analysis of Questionnaire Results», *J Robot Mechatron* 14(1), pp. 13-19.
- SHIBATA, T., T. MITSUI, K. WADA, A. TOUDA, T. KUMASAKA, K. TAGAMI et al. (2001), «Mental Commit Robot and its Application to Therapy of Children», *Actas IEEE/ASME Int Conf AIM*, pp. 1053-1058.
- SHIBATA, T., y K. TANIE (2000), «Influence of A-Priori Knowledge in Subjective Interpretation and Evaluation by Short-Term Interaction with Mental Commit Robot», *Actas IEEE/RSJ Int Conf IROS* 1, pp. 169-174.
- SHIBATA, T., T. TASHIMA y K. TANIE (1999), «Subjective Interpretation of Emotional Behavior through Physical Interaction between Human and Robot», *Actas IEEE Int Conf SMC*, pp. 1024-1029.
- SHIBATA, T., K. WADA, Y. IKEDA y S. SABANOVIC (2009), «Cross-cultural Studies on Subjective Evaluation of Seal Robot», *Advanced Robotics*, en prensa.
- SHIBATA, T., K. WADA, T. SAITO y K. TANIE (2001), «Robot Assisted Activity for Senior People at Day Service Center», *Actas Int Conf ITM*, pp. 71-76.
- TAMURA, T., S. YONEMITSU, A. ITOH, D. OIKAWA, A. KAWAKAMI, Y. HIGASHI et al. (2004), «Is an Entertainment Robot Useful in the Care of Elderly People With Severe Dementia?», *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2004 59A(1), pp. 83-85.
- WADA, K., y T. SHIBATA (2007), «Living with Seal Robots – Its Socio-psychological and Physiological Influences on the Elderly in a Care House», *IEEE Trans Robot* 23(5), pp. 972-980.
- WADA, K., T. SHIBATA, T. MUSA y S. KIMURA (2008), «Robot Therapy for Elders Affected by Dementia», *IEEE Eng Med Biol Mag* 27(4), pp. 53-60.
- WADA, K., T. SHIBATA, T. SAITO, K. SAKAMOTO y K. TANIE (2005), «Psychological and Social Effects of One Year Robot Assisted Activity on Elderly People at a Health Service Facility for the Aged», *Proc IEEE ICRA*, pp. 2796-2801.
- WADA, K., T. SHIBATA, T. SAITO y K. TANIE (2004), «Effects of Robot Assisted Activity for Elderly People and Nurses at a Day Service Center», *Actas IEEE* 92(11), pp. 1780-1788.
- WADA, K., T. SHIBATA, T. SAITO y K. TANIE (2004), «Psychological and Social Effects in Long-Term Experiment of Robot Assisted Activity to Elderly People at a Health Service Facility for the Aged», *Actas IEEE/RSJ Int Conf IROS*, pp. 3068-3073.
- WPA/PTD Educational Program on Depressive Disorders «Depressive Disorders in Older Persons», Unidad 3 del curso formativo <http://www.wpanet.org/education/ed-program-guidelines.html>
- YESAVAGE, J. A. (1988), «Geriatric Depression Scale», *J Psychopharmacology Bulletin* 24(4), pp. 709-711.

BBVA

Innovación: cambiar el rostro de la discapacidad

Hugh Herr y Ernesto
Martínez-Villalpando
MIT Media Lab

En todo el mundo, unos 650 millones de personas sufren algún tipo de discapacidad y, a medida que la población envejece, esta cifra no puede sino aumentar. Quienes padecen una discapacidad física, emocional o cognitiva se enfrentan a miles de desafíos graves y debilitantes. Por suerte, la explosión moderna de innovaciones científicas y tecnológicas proporciona una extraordinaria oportunidad para mejorar sensiblemente la calidad de vida de estas personas. Además, la misma tecnología de vanguardia que puede minimizar o eliminar los efectos adversos de las minusvalías se puede usar para ampliar las capacidades del hombre y trascender los límites ordinarios de la condición humana.

En el Media Laboratory del Massachusetts Institute of Technology (MIT), los grupos Biomechatronics (Biomecatrónica) y Affective Computing (Computación afectiva) están centrando sus esfuerzos en el desarrollo de nuevas tecnologías que pueden tener un profundo impacto en las vidas de las personas tanto en el nivel físico como en el emocional. El grupo Biomechatronics trata de entender los principios básicos de la locomoción biológica con el fin de desarrollar tecnologías de rehabilitación que devuelvan la funcionalidad a las personas con problemas físicos y, también, tecnologías que aumenten las capacidades físicas de los individuos sanos que no

padecen ninguna minusvalía. El grupo Affective Computing trabaja para desarrollar tecnologías que amplíen nuestra comprensión del afecto y del papel que este desempeña en la experiencia humana, con especial énfasis en la investigación del autismo y en las terapias relacionadas con esta enfermedad. Interdisciplinarios por naturaleza, los dos grupos integran en su trabajo una amplia gama de materias que van desde la medicina a la ingeniería.

Los grupos Biomechatronics y Affective Computing forman parte de la iniciativa Human 2.0 del MIT, concebida para mitigar los efectos de las minusvalías y redefinir los límites de la capacidad humana.

BIOMECASTRÓNICA: ¿PERSONAS CON DISCAPACIDADES O TECNOLOGÍAS CON LIMITACIONES?

Aunque en la mayoría de los casos lo damos por descontado, caminar sigue siendo algo esencial en la vida moderna, invadida aún hoy por escaleras, terrenos irregulares y otros obstáculos que pueden ser conquistados fácilmente por las piernas pero están vedados a las ruedas. La pérdida o una minusvalía de una pierna tiene un enorme impacto en la calidad de vida y los pacientes luchan por recuperar o conservar la capacidad de andar incluso cuando han sufrido

lesiones graves. En Estados Unidos hay más de 26 millones de personas con discapacidades físicas y eso incluye más de 1,7 millones (más de 1 por cada 200 personas) que conviven con la pérdida de una de sus extremidades (NLLIC, 2008). Para restablecer el funcionamiento de la extremidad perdida, suele ser necesario recurrir a la tecnología protésica y ortésica. La necesidad de tecnología en el ámbito de la rehabilitación y las prótesis aún no ha alcanzado todo su potencial, ya que se espera que el número de personas que hayan sufrido una amputación y usen una prótesis llegue a 2,4 millones antes del año 2020 (Ziegler-Graham, 2008).

Las tecnologías disponibles comercialmente hoy en día para las víctimas de amputaciones de una extremidad inferior están lejos de proporcionar un reemplazo totalmente funcional para las piernas biológicas. Incluso con los sistemas de prótesis más avanzados del mercado, las personas con amputaciones siguen padeciendo problemas clínicos asociados a la falta de una movilidad adecuada. Entre ellos se incluyen asimetría al caminar, inestabilidad, una reducción de la velocidad al andar y un mayor gasto de energía. Combinadas, estas patologías relacionadas con la ambulación dan como resultado un grado considerable de dolor y fatiga para las personas que han perdido una extremidad inferior (Postema *et al.*, 1997).

Aunque el dolor que se siente en el miembro residual corresponde al funcionamiento de todo el sistema protésico (es decir, desde el punto de contacto entre el forro tubular y el encaje al pilón y al resto de los componentes de la prótesis), está especialmente asociado al acoplamiento entre la extremidad residual y la pierna protésica. Un acoplamiento imperfecto permite un movimiento relativo entre el encaje y el muñón del fémur debido a la compresión del tejido blando. Este movimiento resulta incómodo para el paciente y se traduce en una falta de confianza que impide aplicar fuerzas elevadas a la pierna protésica. Además, el brazo relativamente corto del momento entre la articulación de la cadera y el

encaje reduce la fuerza que los músculos de la cadera pueden aplicar a la extremidad artificial (Whittle, 1991).

Los avances recientes en la tecnología de los encajes han reducido el dolor de los pacientes centrándose en la amortiguación, un factor fundamental para el confort. Estas tecnologías cubren un amplio espectro, desde forros tubulares de gel y encajes con mecanismos de vacío a modernas superficies de contacto que se basan en la digitalización láser del miembro residual y la fabricación asistida por ordenador. Dos tecnologías que han tenido un éxito considerable en la reducción del dolor son los pilones con absorción de sacudidas y el pie protésico con respuesta elástica dinámica (DER, Dynamic Elastic Response) (Perry *et al.*, 1992). Las características de amortiguamiento y acomodación que proporcionan les han valido una aceptación generalizada en la mayoría de los sistemas protésicos comercialmente disponibles.

Pero a pesar de su éxito entre las personas con amputaciones, estos sistemas no han conseguido erradicar las anomalías al caminar y la fatiga. La fatiga en la ambulación equivale a un mayor gasto metabólico y es una dolencia habitual en las personas que han sufrido la amputación de una extremidad inferior. En estos sujetos, la fatiga es considerablemente superior a la que experimentan los individuos sanos al andar a una velocidad comparable. Las mediciones del gasto metabólico al caminar se obtienen normalmente analizando el consumo del nivel de oxígeno. Para las personas con amputaciones unilaterales por debajo de la rodilla, la tasa de consumo de oxígeno es entre un 20 y un 30% superior (Herbert *et al.*, 1994; Molen, 1973) a la de las personas sanas sin discapacidades. En el caso de las amputaciones por encima de la rodilla, esta tasa aumenta otro 25% (James, 1973; Waters y Mulroy, 1999).

Las prótesis convencionales para las extremidades inferiores, a pesar de sus características de amortiguamiento y acomodación, no han proporcionado a los amputados una verdadera

“Las tecnologías disponibles comercialmente hoy en día para las víctimas de amputaciones de una extremidad inferior están lejos de proporcionar un reemplazo totalmente funcional para las piernas biológicas”

ventaja metabólica (Lehmann *et al.*, 1993; Torburn *et al.*, 1990; Colborne *et al.*, 1992; Huang *et al.*, 2000; Thomas *et al.*, 2000). Además de una demanda energética superior, las personas que han perdido una extremidad inferior presentan una reducción de la velocidad elegida para caminar y, en consecuencia, una menor resistencia global.

En condiciones ideales, los sistemas protésicos deben cumplir diversos requisitos para reproducir el comportamiento biológico de los miembros normales y sanos. Para el grupo Biomechatronics, la biomecánica asociada a la ambulación normal proporciona una base para el diseño y el desarrollo de las nuevas extremidades artificiales motorizadas. Este original enfoque biomimético aplicado al diseño y al desarrollo de las prótesis resulta prometedor para mejorar la simetría al caminar, la velocidad y la demanda metabólica de los amputados, además de mejorar la adaptación a la forma de caminar específica del paciente.

Uno de los objetivos del grupo Biomechatronics es desarrollar para quienes han perdido una extremidad inferior una sofisticada prótesis de pierna biomimética modular que permita restaurar el funcionamiento de las articulaciones del tobillo y la rodilla de una pierna humana intacta y

emular plenamente su comportamiento natural. Esta tarea plantea a los investigadores numerosos desafíos en su estudio de nuevos diseños electromecánicos y estrategias de control que puedan integrarse y adaptarse a las necesidades de los pacientes. La extremidad inferior robótica completa se compone de dos prótesis de articulaciones robóticas modulares: una prótesis motorizada de tobillo-pie y otra robótica de rodilla.

Prótesis robótica de tobillo-pie

La articulación del tobillo humano es esencial para la locomoción porque proporciona una cantidad considerable de energía para impulsar el cuerpo desde el suelo y proyectarlo hacia delante al caminar, especialmente a velocidades moderadas o rápidas (Winter, 1983; Palmer, 2002; Gates, 2004). En el caso de las amputaciones transtibiales (por debajo de la rodilla), la pérdida de esta generación de energía en el tobillo da como resultado un paso asimétrico anormal con un mayor consumo de energía metabólica y velocidades inferiores. Además, el comportamiento mecánico de las prótesis de tobillo-pie disponibles comercialmente difiere mucho del de un conjunto de pie y tobillo humano sano. Aunque la mayoría de estas prótesis ofrecen cierto grado de acomodación y admiten el balanceo inicial y final por su forma, no pueden suministrar la cantidad de energía externa que se requiere para caminar, lo que impide que repliquen la flexibilidad y el accionamiento naturales del tobillo (Whittle, 1991).

Con el fin de superar las desventajas que las tecnologías protésicas actuales tienen para las personas con amputaciones por debajo de la rodilla, el grupo Biomechatronics ha desarrollado la primera prótesis robótica de tobillo-pie del mundo que puede recrear las acciones de la parte inferior de una pierna biológica (Au y Herr, 2006; Au *et al.*, 2007). Con una combinación de diseño avanzado de inspiración biológica y de algoritmos informáticos inteligentes, este novedoso dispositivo puede impulsar al amputado hacia delante y adaptarse fácilmente a los

cambios de velocidad y el entorno de la ambulación. La prótesis de tobillo-pie artificial permite que las personas amputadas caminen con naturalidad por un suelo plano, por escaleras y rampas e incluso por un terreno desigual. Además, el bajo peso del dispositivo y su diseño biológico hacen que su uso resulte cómodo y que pase desapercibido incluso para ojos expertos. Y lo que es más importante: este innovador dispositivo reduce la tasa de consumo de oxígeno de los amputados al caminar hasta en un 20% con respecto a los dispositivos protésicos convencionales (Au *et al.*, 2009).

El éxito de la prótesis activa de tobillo radica en la dedicación del grupo Biomechatronics al diseño biomimético. El diseño mecánico de este dispositivo motorizado imita las estructuras biológicas de la articulación del tobillo por medio de elementos elásticos y materiales flexibles que desempeñan funciones similares a las de los tendones y los ligamentos de la articulación humana. Este uso de elementos elásticos reduce el peso del motor requerido y minimiza la energía total necesaria para este sistema alimentado por batería, lo que permite al paciente caminar todo el día con una sola carga.

Este dispositivo de investigación biónica de vanguardia ha tenido tal éxito que fue elegido

Mejor invento del año en 2007 por la revista *Time Magazine* y llevó a la creación de iWalk LLC, una nueva iniciativa empresarial que comercializa este prototipo.

Prótesis robótica de rodilla

Para las personas que han sufrido amputaciones por encima de la rodilla, una fuente común de patologías al caminar con las prótesis convencionales es la falta de un control preciso de la articulación de la rodilla, en especial cuando la pierna se balancea durante cada paso. No se puede dejar que la rodilla se balancee libremente porque se extenderá demasiado deprisa y se detendrá de repente cuando alcance toda su longitud. Por otra parte, la articulación de la rodilla no puede ser tan rígida que no se flexione en respuesta a la dinámica; esa rigidez daría como resultado un gran aumento de la cantidad de energía requerida por el paciente para ir de un paso al siguiente. Para impedir estos casos extremos, se han desarrollado diversas prótesis de rodilla que se comportan como amortiguadores (es decir, mecanismos de disipación de energía) usando sistemas de fricción, hidráulicos, neumáticos o electromecánicos. Algunas se han concebido como dispositivos de amortiguamiento variables que se adaptan al ángulo,

Figura 1. Prótesis robótica de tobillo-pie de Biomechatronics (fotografía de Webb Chappell •MIT Media Lab) y prototipo más reciente de iWalk LLC



la velocidad y la dirección del movimiento. Estos mecanismos han solucionado parcialmente los patrones anormales al caminar que se dan en los amputados (Whittle, 1991), pero aún no han logrado imitar del todo el complejo funcionamiento de la articulación de la rodilla.

Partiendo del trabajo que llevó al primer tobillo motorizado del mundo, el grupo Biomechatronics ha seguido esta línea de innovación en extremidades biónicas mediante el desarrollo de una prótesis robótica de articulación de rodilla de vanguardia que elimina las limitaciones de las rodillas protéticas convencionales. Esta prótesis es capaz de replicar el funcionamiento de la articulación de la rodilla biológica y de integrarse a la perfección con el tobillo motorizado, lo que da como resultado una prótesis artificial completa para la extremidad inferior (Martínez-Villalpando *et al.*, 2008; Martínez-Villalpando y Herr, 2010).

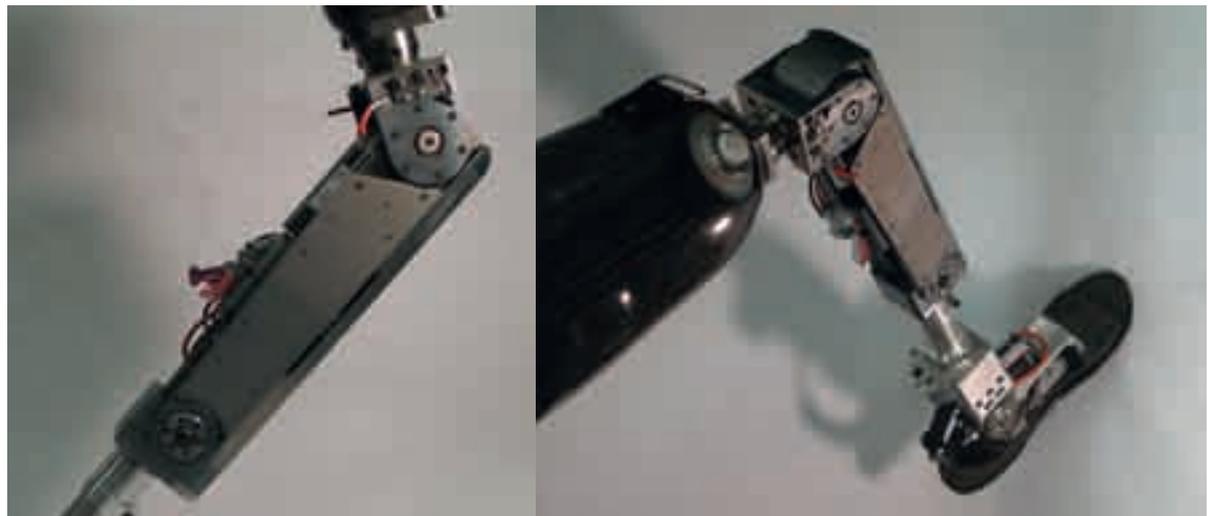
La prótesis de rodilla activa es un novedoso dispositivo motorizado con un diseño electromecánico biomimético único. La rodilla artificial imita el funcionamiento de las estructuras musculoesqueléticas que rodean a una articulación de rodilla biológica intacta y crean un sistema que, como el tobillo artificial, es pequeño, ligero y eficiente. Su diseño incorpora un microordenador

y un sofisticado sistema de detección asociado a una inteligencia artificial que puede deducir las intenciones de la persona amputada. Con su diseño y su control avanzados, esta prótesis pretende mejorar el modo de caminar del paciente en mayor medida que otras prótesis comercialmente disponibles, no solo en la ambulación por una superficie plana, sino también al recorrer un terreno difícil que incluya rampas y escaleras. La integración de la prótesis robótica de rodilla y tobillo en un único sistema protésico proporciona la extremidad inferior artificial motorizada más avanzada del mundo para los amputados transfemorales. Se espera que la combinación de la rodilla y el tobillo activos tenga un gran impacto clínico y que las novedosas arquitecturas de sus componentes contribuyan al desarrollo de futuras tecnologías integrales de asistencia que se adaptarán a las necesidades de las personas con discapacidades.

Exoesqueletos

Entre las discapacidades físicas que suelen generar un debilitamiento de las piernas se incluyen la amputación de una extremidad inferior, las lesiones agudas de la médula espinal, la esclerosis múltiple y los accidentes cerebrovasculares. Para aquellos individuos que han sufrido

Figura 2. Prótesis robótica de rodilla del grupo Biomechatronics



una parálisis parcial de las piernas debida a una patología neurobiológica, el uso de la tecnología del exoesqueleto ofrecerá una importante mejora de la movilidad, superior a la obtenida con la tecnología ortésica convencional para las piernas.

El grupo Biomechatronics está incorporando su conocimiento de la locomoción humana y su experiencia en el diseño de extremidades protésicas en el desarrollo de exoesqueletos (Walsh *et al.*, 2006, 2007). Estas estructuras de soporte que se colocan en el cuerpo contribuyen a aumentar la movilidad humana, incrementan la resistencia y ayudan a las personas con problemas físicos. El exoesqueleto para andar diseñado por el grupo es un sistema ortésico que funciona en paralelo al cuerpo y transmite las fuerzas entre el suelo y el torso del usuario al caminar y permanecer de pie, lo que supone una reducción eficaz de la parte del peso del cuerpo soportada por las piernas y facilita a las personas discapacitadas la bipedestación y la ambulación. Como el exoesqueleto ofrece el soporte que en condiciones normales proporcionan las piernas biológicas, las personas con discapacidades físicas asociadas a un debilitamiento de las piernas pueden caminar con confianza mientras lo llevan (Dollár y Herr, 2007, 2008).

En particular, el trabajo desarrollado por el grupo Biomechatronics en el campo de los exoesqueletos estudia la dinámica pasiva de la ambulación humana para crear dispositivos más ligeros y eficientes con tres objetivos en mente. En primer lugar, el exoesqueleto que se está desarrollando actualmente aspira a convertirse en el primer sistema colocado sobre el cuerpo que demuestre una reducción en el uso de energía humana al caminar. En segundo lugar, el exoesqueleto debe resultar útil en tareas de salvamento, en las que puede aumentar la resistencia del usuario y reducir cargas perjudiciales para la rodilla y el tobillo. Entre estos usuarios potenciales se encuentran bomberos y soldados en activo cuyas intervenciones exigen un movimiento rápido en terrenos irregulares mientras

Figura 3. Exoesqueleto portacarga del grupo Biomechatronics



transportan grandes cargas. Por último, esta tecnología se ha concebido para ayudar a las personas que tienen problemas de movilidad. La arquitectura de este exoesqueleto se puede modificar con el fin de convertirlo en una ortesis para caminar que favorece un estilo de vida activo, ya que reduce la carga en las articulaciones lesionadas y proporciona un soporte que permite andar con normalidad a pacientes que por lo demás tienen una movilidad limitada.

COMPUTACIÓN AFECTIVA: EL DESAFÍO DEL AUTISMO

Los trastornos del espectro autista (TEA) son un conjunto de desórdenes del neurodesarrollo caracterizados por una disfunción cualitativa de la socialización, la comunicación y los intereses circunscritos, lo que incluye patrones de comportamiento estereotipados y rigidez conductual ante los cambios de las rutinas (APA, 1994). Los estudios actuales sobre los TEA indican una tasa de hasta 1 de cada 110 niños de ocho años

o menos en Estados Unidos (CDCP, 2009). Los TEA se manifiestan normalmente en la infancia y persisten toda la vida. Estos trastornos tienen un profundo impacto en las familias y suelen llevar asociados en la mayoría de los casos enormes costes emocionales y económicos. Por ejemplo, las estimaciones recientes sugieren que en Estados Unidos los costes sociales que la atención a los individuos diagnosticados cada año generará a lo largo de toda su vida se acercan a 35.000 millones de dólares (Gantz, 2007). Los TEA representan sin duda un problema emergente de salud pública (Newschaffer *et al.*, 2003).

En el Media Laboratory del MIT, a través del grupo Affective Computing (Computación afectiva) y de la Autism & Communication Technology Initiative (Iniciativa tecnológica para el autismo y la comunicación), se está desarrollando un conjunto de tecnologías innovadoras que permitirán entender y ayudar mejor en los entornos naturales a los individuos que padecen TEA. Entre estas aplicaciones se incluyen tres de las que se ofrece una breve descripción en los párrafos siguientes: 1. detección automática de las estereotipias motoras por medio de acelerómetros inalámbricos y de algoritmos de reconocimiento de patrones; 2. desarrollo de medidas inalámbricas no invasivas de la activación fisiológica, y 3. creación de un conjunto de tecnologías inalámbricas que se colocan en el cuerpo y que permiten capturar, analizar en tiempo real y compartir las indicaciones socioemocionales generadas in situ por las caras, las voces y los gestos de los propios pacientes o de sus interlocutores.

Detección de las estereotipias motoras mediante sensores

Las estereotipias motoras se definen generalmente como secuencias motoras repetitivas que a ojos de un observador resultan invariables en su forma y carecen de cualquier estímulo que las provoque o de función adaptativa alguna. Se han identificado varias, entre las que destacan el balanceo del cuerpo, la introducción de objetos en la boca y movimientos complejos de las

manos y los dedos (Lewis y Bodfish, 1998). Las estereotipias motoras se dan a menudo en personas con trastornos mentales y del desarrollo, síndromes genéticos (Bodfish *et al.*, 2000) y, con menos frecuencia, en adultos y niños con un desarrollo normal.

Aunque en los últimos años han aumentado las investigaciones realizadas sobre los TEA como resultado de una mayor conciencia sobre las altas tasas de prevalencia, la mayor parte de este trabajo se centra en los déficits sociales y de comunicación, y no en los comportamientos restringidos y repetitivos. Y esto puede suponer un problema, dada la alta prevalencia de estereotipias motoras detectadas en individuos con TEA. Además, en los casos graves, estos movimientos pueden plantear diversas dificultades a los individuos con trastornos del espectro autista y a sus familias. En primer lugar, las personas con TEA sufren accesos frecuentes de estereotipias motoras. Impedir o detener esos movimientos puede resultar problemático dado que los individuos con TEA pueden sufrir ansiedad, inquietarse o volverse agresivos si se les interrumpe (Gordon, 2000). En segundo lugar, si no se controlan, estos movimientos pueden convertirse en la conducta dominante en los sujetos con TEA e interferir en la adquisición de nuevas destrezas y en el funcionamiento de las destrezas ya establecidas (Koegel y Covert, 1972). En tercer lugar, estos movimientos resultan socialmente inadecuados y estigmatizantes y pueden complicar la integración social en los entornos de la escuela y la comunidad (Jones *et al.*, 1990). Por último, se cree que las estereotipias motoras provocan comportamientos autolesivos cuando se dan ciertas condiciones ambientales (Kennedy, 2002).

Para medir, entender y remediar mejor esta compleja clase de conducta, estamos desarrollando un innovador sistema que permite reconocer y monitorizar automáticamente las estereotipias motoras. Nuestro sistema usa un módulo de detección en miniatura que se lleva cómodamente en la muñeca y en el torso y que

Figura 4. Sensores con acelerómetro inalámbrico de tres ejes MITes alojados en carcasas de plástico con soporte de batería externo. Las carcasas se pueden llevar en las muñecas con un brazalete elástico



transmite los datos del movimiento a un teléfono móvil. Los algoritmos de reconocimiento de patrones que se ejecutan en el teléfono reciben estas secuencias de datos del movimiento a través de una conexión inalámbrica, calculan diversos rasgos característicos y detectan automáticamente la topografía, la aparición, la interrupción, la frecuencia, la duración y la intensidad de los movimientos (Munguía-Tapia *et al.*, 2004). Hasta hoy, este sistema ha podido identificar correctamente el balanceo estereotipado del cuerpo, las sacudidas de las manos y los golpes en la cabeza aproximadamente el 90% del tiempo en seis individuos con TEA tanto en el ámbito del laboratorio como en el de una clase (Albinali *et al.*, 2009).

Este novedoso sistema aporta diversos beneficios potenciales. Una automatización sencilla de la detección de las estereotipias motoras puede liberar a un observador humano para concentrarse en los desencadenantes y las consecuencias ambientales y tomar nota de ellos a fin de determinar las relaciones funcionales que existen en esta clase de conducta, desconcertante y a menudo disruptiva. El sistema también se podría emplear en la medición de resultados para facilitar los estudios sobre la eficacia de las intervenciones conductuales y farmacológicas destinadas a reducir la incidencia o la gravedad de las estereotipias motoras. Por último, con pequeñas modificaciones, el sistema se puede programar para usarlo como herramienta de

intervención que proporcionará información en tiempo real a los individuos con TEA y a sus cuidadores cuando se detecten estos movimientos.

Medidas inalámbricas y no invasivas de la activación fisiológica

El sistema nervioso autónomo (SNA) es un sistema de control del cuerpo con una importante influencia en un gran número de procesos y variables —frecuencia cardíaca, digestión, frecuencia respiratoria y transpiración, entre otros— que interviene en la regulación de la emoción, las pérdidas de atención, el sueño, los indicios de expectación y saliencia, los sesgos de la memoria, etc.

A lo largo de los últimos treinta años, numerosos investigadores han registrado la actividad del SNA en sujetos con TEA para evaluar su capacidad de respuesta fisiológica durante diversas tareas de atención y habituación, tanto en situaciones de exposición a estímulos sociales y sensoriales como en el curso de conductas autolesivas y repetitivas. Lamentablemente, sin embargo, estos estudios plantean varios problemas metodológicos que arrojan dudas sobre la fiabilidad, la validez y la posible generalización de los datos obtenidos. Por ejemplo, la mayoría de los estudios realizados hasta la fecha sobre el SNA emplean equipos que requieren que los individuos permanezcan sentados y quietos mientras se adhieren a su torso o a sus dedos múltiples cables, lo que limita el número de participantes que pueden

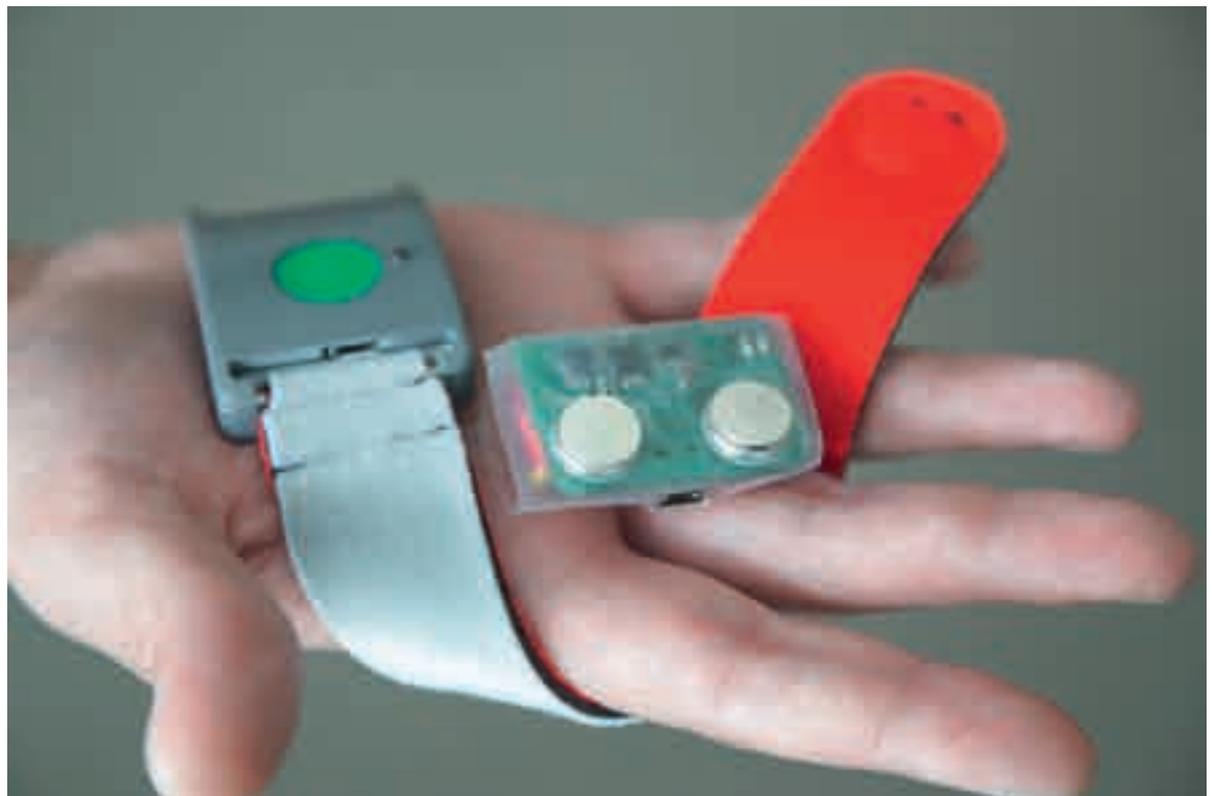
someterse a los procedimientos y aportar datos a un estudio. Además, las observaciones del SNA se realizan principalmente en laboratorios de investigación desconocidos para el sujeto que pueden generarle estrés y a menudo están limitadas a intervalos de medición cortos que pueden o no ser representativos de los verdaderos patrones del SNA de una persona cuando lleva a cabo sus actividades cotidianas. Los datos de estos estudios se promedian además en muchos casos entre los participantes, de modo que no se conservan los perfiles individuales, lo que difumina la heterogeneidad de los patrones de respuesta de los distintos individuos.

Para resolver algunos de estos problemas metodológicos, se está desarrollando una nueva plataforma tecnológica que permite detectar los datos autónomos simpáticos y parasimpáticos utilizando unos dispositivos que se llevan cómodamente en la muñeca o el tobillo, sin cables ni

cajas (Fletcher *et al.*, 2010, Poh *et al.*, 2010). El sistema captura: 1. la conductividad eléctrica de la piel, que proporciona una medida sensible de los cambios de la activación simpática asociada con la emoción, la cognición y la atención; 2. la frecuencia cardíaca y su variabilidad, que aporta información relacionada con las ramas simpática y parasimpática del SNA; 3. la temperatura y 4. el movimiento motor y los cambios posturales por medio de la acelerometría de tres ejes. El acelerómetro de tres ejes y los sensores de temperatura proporcionan información sobre la actividad de una persona y reflejan la influencia del movimiento y la temperatura ambiente en la conductividad eléctrica de la piel y las señales cardiovasculares.

La monitorización de la reactividad autónoma con paquetes inalámbricos que se pueden llevar puestos cómodamente abre el camino a nuevos paradigmas experimentales in situ y permite

Figure 5. Sensor de actividad electrodérmica (EDA) del MIT Media Lab que se puede colocar sobre el cuerpo. Derecha: Sensor con electrodos de Ag/AgCl desechables acoplados. Izquierda: Banda elástica con diseño de carcasa dura que contiene el sensor



resolver algunos de los problemas asociados con los métodos tradicionales de registro del SNA en las personas con TEA. Por ejemplo, estos sensores podrían permitir realizar estudios longitudinales sobre los sujetos que generarán datos en un periodo de tiempo superior al de la *instantánea* estándar, lo que aportaría una nueva visión de las diferencias que se producen con el tiempo para una persona, dentro de un grupo y entre distintos grupos. Y podrían, asimismo, captar fenómenos de interés que son difíciles de reproducir en el contexto de un laboratorio, como los ataques de pánico. Medir y comunicar los patrones del SNA que preceden, acompañan y siguen a un suceso puede proporcionar también una gran riqueza de datos que se traducirán en nuevos métodos para prever los problemas de conducta (autolesiones, agresiones a otros, etc.) y responder a ellos, y en última instancia, evitarlos.

Kit interactivo de herramientas socio-emocionales (iSET, Interactive Social-Emotional Toolkit)

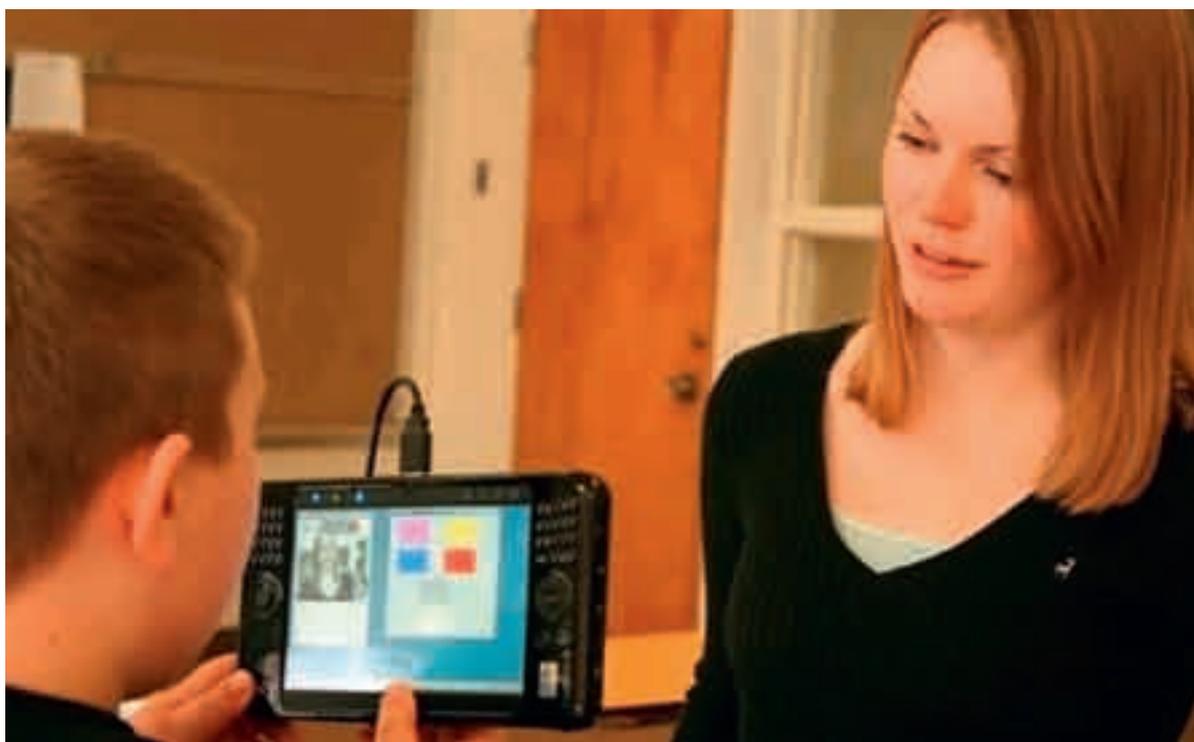
Muchos testimonios de primera mano de personas con TEA subrayan los retos de interactuar socialmente y las dificultades inherentes al procesamiento en tiempo real de información impredecible, compleja y de alta velocidad como las indicaciones no verbales (por ejemplo, las expresiones faciales) o a establecer un contacto visual y procesar a la vez el lenguaje. Dificultades como las siguientes se han documentado también profusamente en un extenso conjunto de literatura empírica: 1. dificultad para reaccionar ante las indicaciones no verbales y los estados mentales de otras personas (Baron-Cohen, 1995); 2. procesamiento atípico de la mirada (Klin *et al.*, 2002); 3. dificultad para entender y expresar los propios sentimientos (Hill *et al.*, 2004), y 4. problemas para valorar los intereses de los otros participantes en una conversación (Klin *et al.*, 2000). Estos desafíos afectan también a los interlocutores, de modo que para los miembros de la familia y para otras personas

“Ahora, con los avances recientes en los campos de la computación ubicua, los sensores y la tecnología de las cámaras, es posible disponer de una gama de sensores corporales que se comunican con un dispositivo portátil como un teléfono móvil o un PC ultra móvil”

resulta difícil entender lo que el sujeto intenta comunicar.

Ahora, con los avances recientes en los campos de la computación ubicua, los sensores y la tecnología de las cámaras, es posible disponer de una gama de sensores corporales que se comunican con un dispositivo portátil como un teléfono móvil o un PC ultra móvil. Partiendo de estos avances, estamos desarrollando un kit interactivo de herramientas socio-emocionales (iSET) (figura 4): un conjunto de tecnologías inalámbricas que se pueden colocar sobre el cuerpo y que permiten capturar, analizar en tiempo real y compartir las indicaciones socio-emocionales obtenidas in situ de las caras, las voces y los gestos del sujeto y de sus interlocutores. Los componentes tecnológicos del iSET incluyen una cámara portátil que se puede colocar de cara al sujeto (autocámara) o hacia fuera (cámara de la cabeza). El vídeo capturado se procesa usando algoritmos de análisis de patrones de vídeo en tiempo real y se etiqueta para diversos sucesos

Figura 6. Un estudiante con un trastorno del espectro autista usa el iSET con su profesora para captar, etiquetar y analizar las expresiones faciales



(acciones faciales, gestos comunicativos de la cara y la cabeza y emociones) (El Kaliouby y Robinson, 2005).

El proyecto iSET hace que estos componentes que se pueden colocar en el cuerpo estén disponibles y sean accesibles para los individuos con desórdenes del espectro autista con la esperanza de que permitan a este colectivo sistematizar, cuantificar y analizar sus interacciones sociales, que de lo contrario pueden parecer confusas, abrumadoras y fuera de su control. El iSET también se ha diseñado para ser divertido y convertir las interacciones sociales en un juego estimulante que puede motivar a los participantes a comunicarse. Los datos y los análisis ofrecidos por el iSET también hacen más fácil compartir las experiencias sociales con los familiares, los profesores y los amigos, de modo que es intrínsecamente social.

Actualmente, este sistema se está sometiendo a pruebas iterativas en los siguientes escenarios de una gran escuela para sujetos con TEA:

Contacto facial y ocular. La cámara de la cabeza o tercer ojo es una cámara que el paciente lleva puesta y orientada hacia fuera de modo que esté alineada con su campo de visión (Lee *et al.*, 2008). La secuencia de vídeo se introduce en un *software* de detección facial que cuantifica el contacto facial que se produce en una conversación natural.

Sistematización de las indicaciones socio-emocionales en el propio sujeto y en los demás. Muchos individuos con trastornos del espectro autista experimentan dificultades para expresarse de formas que resulten socialmente adecuadas y tienen problemas para identificar sus propios sentimientos y los de los otros. La *autocámara* se ha diseñado para ayudar a una persona a volver a experimentar y analizar la forma en que la ven los otros (Teeters, 2007).

Aprender lo que importa. Aunque numerosas intervenciones abordan el problema del reconocimiento de las indicaciones socio-emocionales, muy pocas enseñan a los individuos con

trastornos del espectro autista a identificar las indicaciones más importantes en las que deben centrar la atención. Sin este aspecto del procesamiento social, una persona puede intentar procesar cada indicación social, una actividad que genera una indudable sobrecarga cognitiva y que consume una gran cantidad de tiempo, lo que reduce la capacidad del individuo para reaccionar en tiempo real ante su interlocutor. *Expressions Hunt* (Caza de expresiones) es un juego contextual actualmente en desarrollo en el que se encomienda a los sujetos la misión de provocar y capturar diversas expresiones faciales, como las sonrisas o los ceños fruncidos de otros, usando una cámara que llevan colocada. En este juego, los portadores de la cámara tienen que pensar en provocar estados, no solo en reconocerlos y capturarlos.

REDEFINIR LA CONDICIÓN HUMANA

Vivimos en una época estimulante en la que los progresos sin precedentes experimentados por la ciencia y la tecnología están redefiniendo la discapacidad humana. Las colaboraciones institucionales y la integración de una amplia gama de disciplinas están produciendo sofisticadas soluciones que permiten a las personas con afecciones de salud físicas y mentales que antes se consideraban incapacitantes tener una vida sana y plena. Mientras tanto, nuevas tecnologías que crean conexiones íntimas entre el hombre y la máquina están llevando las capacidades humanas más allá de sus límites naturales. Sin duda, las contribuciones de científicos e ingenieros de primera línea, como los de los grupos Biomechatronics y Affective Computing del MIT, están obligando a la sociedad a reconsiderar la discapacidad y a revisar el significado de la condición humana.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren expresar su mayor gratitud a Matthew S. Goodwin y a Rosalind W. Picard por sus valiosas contribuciones al contenido de este artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- <http://affect.media.mit.edu/>
<http://biomech.media.mit.edu/>
<http://www.iwalk.com/>
<http://www.disabled-world.com>
<http://www.media.mit.edu/research/autism-communication-technology-initiative>
- ALBINALI, F., M. S. GOODWIN y S. S. INTILLE (2009), «Recognizing stereotypical motor movements in the laboratory and classroom: A case study with children on the autism spectrum», *Actas de la 11th International Conference on Ubiquitous Computing*, Nueva York: ACM Press, 71-80.
- American Psychiatric Association (1994), *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*, 4.^a ed., Washington, DC: Autor.
- AU, S., y H. HERR (2006), «Initial experimental study on dynamic interaction between an amputee and a powered ankle-foot prosthesis», *Dynamic Walking: Mechanics and Control of Human and Robot Locomotion*, Ann Arbor.
- AU, S., J. WEBER, E. MARTÍNEZ-VILLAPANDO y H. HERR (2007), «Powered Ankle-Foot Prosthesis for the Improvement of Amputee Ambulation», *IEEE Engineering in Medicine and Biology International Conference*, 23-26 de agosto, Lyon, Francia, pp. 3020-3026.
- AU, S., M. BERNIKER y H. HERR (2008), «Powered ankle-foot prosthesis to assist level-ground and stair-descent gaits», *Neural Networks* 21, pp. 654-666.
- AU, S., J. WEBER y H. HERR (2009), «Powered Ankle-foot Prosthesis Improves Walking Metabolic Economy», *IEEE Transactions on Robotics* 25, pp. 51-66.
- BARON-COHEN, S. (1995), *Mindblindness*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- BODFISH, J. W., F. J. SYMONS, D. E. PARKER y M. H. LEWIS (2000), «Varieties of repetitive behaviors in autism: Comparisons to mental retardation», *Journal of Autism and Developmental Disorders* 30, pp. 237-243.
- Centers for Disease Control and Prevention (2009), *Prevalence of Autism Spectrum Disorders – Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, United States*. Surveillance Summaries (18 de diciembre de 2009). *MMWR* 58 (SS-10).
- COLBORNE, G. R., S. NAUMANN, P. E. LONGMUIR y D. BERBRAYER (1992), «Analysis of mechanical and metabolic factors in the gait of congenital below knee amputees. A comparison of the SACH and Seattle feet», *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* 71, pp. 272-278.
- DOLLAR, A., H. HERR (2007), «Active Orthoses for the Lower Limbs: Challenges and State of the Art», *Actas de la 2007 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*, Noordwijk, Países Bajos.
- DOLLAR, A., H. HERR (2008), «Lower Extremity Exoskeletons and Active Orthoses: Challenges and State of the Art», *IEEE Transactions on Robotics* 24(1).
- EILENBERG, M. F., H. GEYER y H. HERR (2010), «Control of a powered ankle-foot prosthesis based on a neuromuscular model», *Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*.
- EL KALIOUBY, R., y P. ROBINSON (2005), «Real-time inference of complex mental states from facial expressions and head gestures», *Real-Time Vision for Human-Computer Interaction*, Springer-Verlag, pp. 181-200.
- FLETCHER, R. R., K. DOBSON, M. S. GOODWIN, H. EYDGAHI, O. WILDER-SMITH, D. FERNHOLZ y R. W. PICARD (2010), «iCalm: Wearable sensor and network architecture for wirelessly communicating and logging autonomic activity», *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine* 14, pp. 215-223.
- GANTZ, M. L. (2007), «The lifetime distribution of the incremental societal costs of autism», *Archives of Pediatrics & Adolescent Medicine* 161, pp. 343-349.
- GATES, D. H. (2004), «Characterizing the ankle function during stair ascent, descent and level walking for ankle prosthesis and orthosis design», Tesis de máster. Boston University.
- GORDON, C. T. (2000), «Considerations on the pharmacological treatment of compulsions and stereotypes with serotonin reuptake inhibitors in pervasive developmental disorders», *Journal of Autism and Developmental Disorders* 30, pp. 437-438.

- HERBERT, L. M., J. R. ENGSBERG, K. G. TEDFORD y S. K. GRIMSTON (1994), «A comparison of oxygen consumption during walking between children with and without below-knee amputations», *Physical Therapy* 74: pp. 943-950.
- HILL, E. L., S. BERTHOZ y U. FRITH (2004), «Cognitive processing of own emotions in individuals with autistic spectrum disorder and in their relatives». *Journal of Autism and Developmental Disorders* 34, pp. 229-235.
- HUANG, G. F., Y. L. CHOU y F. C. SU (2000), «Gait analysis and energy consumption of below-knee amputees wearing three different prosthetic feet», *Gait Posture* 12, pp. 162-168.
- JAMES, U. (1973), «Oxygen uptake and heart rate during prosthetic walking in healthy male unilateral above-knee amputees», *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine* 5, pp. 71-80.
- JONES, R. S. P., D. WINT y N. C. ELLIS (1990), «The social effects of stereotyped behavior». *Journal of Mental Deficiency Research* 34, pp. 261-268.
- KENNEDY, C. H. (2002), «Evolution of stereotypy into self-injury», en S. R. Schroeder, M. L. Oster-Granite et al. (eds.), *Self-injurious behavior: Gene-brain behavior relationships*, Washington, D.C.: American Psychological Association, pp. 133-143.
- KLIN, A., F. VOLKMAR y S. SPARROW (2000), *Asperger Syndrome*, Nueva York: Guilford Press.
- KLIN, A., W. JONES, R. SCHULTZ, F. VOLKMAR y D. COHEN (2002), «Visual fixation patterns during viewing of naturalistic social situations as predictors of social competence in individuals with autism», *Archives of General Psychiatry* 59, pp. 809-816.
- KOEGEL, R. L., y A. COVERT (1972), «The relationship of self-stimulation to learning in autistic children». *Journal of Applied Behavior Analysis* 5, pp. 381-387.
- LEE, C. H., R. MORRIS, M. GOODWIN y R. W. PICARD (2008), «Lessons learned from a pilot study quantifying face contact and skin conductance in teens with asperger syndrome», *Resumen ampliado de CHI 2008*.
- LEHMANN, J. F., R. PRICE, S. BOSWELL-BESSETTE, A. DRALLE y K. QUESTAD (1993), «Comprehensive analysis of dynamic elastic response feet: Seattle Ankle/Lite Foot versus SACH foot», *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 74, pp. 853-861.
- LEWIS, M. H., y J. W. BODFISH (1998), «Repetitive behavior disorders in autism», *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews* 4, pp. 80-89.
- MARTÍNEZ-VILLALPANDO E. C., y H. HERR (2009), «Agonist-antagonist active knee prosthesis: a preliminary study in level-ground walking», *Journal of Rehabilitation Research and Development*. 46(3), pp. 361-373.
- MARTÍNEZ-VILLALPANDO, E. C., J. WEBER, G. ELLIOTT y H. HERR (2008), «Design of an Agonist-Antagonist Active Knee Prosthesis», *IEEE BIORobotics Conference*, Scottsdale.
- MARTÍNEZ-VILLALPANDO, E. C., J. WEBER, G. ELLIOTT y H. HERR (2008), «Biomimetic Prosthetic Knee using Antagonistic Muscle-Like Activation», *ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition (IMECE)*, Boston.
- MOLEN, N. H. (1973), «Energy-speed relation of below-knee amputees walking on a motor-driven treadmill», *International Z Angew Physiology* 31, pp. 173-185.
- MUNGUÍA TAPIA, E., S. S. INTILLE y K. LARSON (2004), en «Activity recognition in the home setting using simple and ubiquitous sensors». A. Ferscha y F. Mattern (eds.), *Actas de PERVASIVE 2004*, vol. LNCS 3001, Berlín, Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 158-175.
- NATIONAL LIMB LOSS INFORMATION CENTER (2008). «Amputation Statistics by Cause. Limb Loss in the United States», *Amputee Coalition of America*, Knoxville.
- NEWSCHAFER, C. J., y L. K. CURRAN (2003), «Autism: An emerging public health problem», *Public Health Reports* 118, pp. 393-399.
- PALMER, M. (2002), «Sagittal plane characterization of normal human ankle function across a range of walking gait speeds». Tesis de máster, MIT.
- PERRY, J. (1992), «Gait analysis normal and pathological function», *Slack, Inc.* Thorofare, NJ.
- POH, M., N. C. SWENSON y R. W. PICARD (2010), «A wearable sensor for unobtrusive, long-term assessment of electrodermal activity», *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 57, pp. 1243-1252.
- POSTEMA, K., H. J. HERMENS, J. DE VRIES, H. F. KOOPMAN y W. H. EISMA (1997), «Energy storage and release of prosthetic feet. Part 1: Biomechanical analysis related to user benefits», *Journal Prosthetics and Orthotics International* 21, pp. 17-27.
- TEETERS, A. (2007), «Use of a wearable camera system in conversation: Toward a companion tool for social-emotional learning in autism», Máster de ciencias. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology Media Laboratory.
- THOMAS, S. S., C. E. BUCKON, D. HELPER, N. TURNER, M. MOOR y J. I. KRAJBICH (2000), «Comparison of the Seattle Lite Foot and Genesis II Prosthetic Foot during walking and running», *Journal of Prosthetics and Orthotics* 12, pp. 9-14.
- TORBURN, L., J. PERRY, E. AYYAPPA y S. L. SHANFIELD (1990), «Below-knee amputee gait with dynamic elastic response prosthetic feet: a pilot study». *Journal Rehabilitation Research and Development* 27, pp. 369-384.
- WALSH, C., K. PASCH y H. HERR (2006), «An autonomous, underactuated exoskeleton for load-carrying augmentation», *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, Pekín, 9-16 de octubre.
- WALSH, C., K. ENDO y H. HERR (2007), «A Quasi-Passive Leg Exoskeleton for Load-Carrying Augmentation», *International Journal of Humanoid Robotics*.
- WATERS, R. L., y S. MULROY (1999), «The energy expenditure of normal and pathologic gait», *Gait Posture* 9, pp. 207-231.
- WHITTLE, M. W. (1991), *Gait analysis: an introduction*, 3.ª ed., Oxford: Butterworth-Heinemann.
- WINTER, D. A. (1983), «Biomechanical motor pattern in normal walking», *Journal of Motor Behavior* 15(4), pp. 302-330.
- WINTER, D. A., y S. E. SIENKO (1988), «Biomechanics of below-knee amputee gait», *Journal of Biomechanics* 21(5), pp. 361-367.
- ZIEGLER-GRAHAM, K., E. J. MACKENZIE, P. L. EPHRAIM, T. G. TRAVISON y R. BROOKMEYER (2008), «Estimating the prevalence of limb loss in the United States: 2005 to 2050», *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 89(3), pp. 422-429.

BBVA

La ciudad venidera

Carlo Ratti
y Nashid Nabian
MIT SENSEable City Lab

¿Cómo serán las ciudades del mañana? En los años noventa, muchos investigadores especularon sobre el impacto que la revolución digital en curso tendría en las ciudades y sobre la posibilidad de que el espacio virtual reemplazara al espacio físico o los bits a los átomos. Fantasearon con la oscura y sensual imagen de espacios urbanos que iban desapareciendo mientras los individuos que los habitaban llevaban una vida prácticamente virtual en el ciberespacio y participaban en interacciones codificadas digitalmente en lugar de comunicarse cara a cara¹. Los fanáticos de la tecnología digital iban aun más lejos y anunciaban la muerte oficial de la historia, el espacio, el tiempo, la geografía y las ciudades, entre otras cosas². La opinión más generalizada era que los medios digitales e Internet aniquilarían las ciudades, como habían aniquilado las distancias. El escritor especializado en tecnología George Gilder proclama que «las ciudades son lastres residuales de la era industrial» y concluye que «nos dirigimos a la muerte de las ciudades» a causa del crecimiento continuo de los ordenadores personales, las telecomunicaciones y la producción distribuida (Peters y Gilder, 1995). Al mismo tiempo, Nicholas Negroponte, del MIT Media Lab, escribe en *Being Digital* que «la era de la post-información eliminará las limitaciones impuestas por la geografía.

La vida digital incluirá una dependencia cada vez menor del hecho de estar en un lugar y en un momento concretos, y la transmisión del lugar empezará a ser posible» (Negroponte, 1995).

Sin embargo, en los años que siguieron a aquella primera oleada de entusiasmo sobre lo digital, resultó evidente que ese no era el destino ni de nuestra raza mejorada digitalmente ni de los paisajes y los espacios construidos en los que se desarrollan nuestras actividades. Las ciudades y los espacios construidos contenidos en ellas se han multiplicado a una velocidad sin precedentes, y la producción y el consumo espaciales de la humanidad siguen estando fuertemente vinculados al ámbito físico. De hecho, las ciudades nunca habían prosperado tanto como lo han hecho en las dos últimas décadas. China, por ejemplo, está construyendo actualmente más tejido urbano del que la humanidad ha edificado en cualquier era anterior. Hace dos años, asistimos a un momento especialmente significativo: por primera vez en la historia, más de la mitad de la población mundial —3.300 millones de personas— vivía en áreas urbanas³. Así pues, a pesar de la obsesión generalizada con la visión de un mundo totalmente digital, ha surgido una nueva situación en la que el mundo digital y el mundo físico se están fusionando y los átomos se ven aumentados por los bits de información.

¹ Hay numerosas crónicas de posibles estados de este tipo. Sherry Turkle (1997) habla de individuos con grandes conocimientos digitales para quienes los mundos que habitan a través de la pantalla del ordenador son tan reales como el mundo real.

² Vincent Mosco sostiene que estas ideas se deben a la histórica fascinación del hombre por la nueva tecnología. Tras examinar las apasionadas proclamas sobre el fin del espacio, el tiempo, la historia, la economía, las ciudades y demás a manos del ciberespacio, y retroceder en la historia para recordar otros dictámenes míticos similares desencadenados por avances tecnológicos del pasado —el teléfono, la radio y la televisión, entre otros— Mosco (2004) explica cómo se crean esos mitos y por qué sentimos el impulso de creer en ellos.

³ Según un informe de Naciones Unidas, «en 2008, el mundo registra un hito invisible pero de capital importancia: por primera vez en la historia,

Lo digital no mató a lo físico, como se fantaseaba en los años noventa, y no lo hará. De hecho, lo digital y lo físico se están recombinando o, en palabras de Hiroshi Ishii, «asistimos a un matrimonio entre los bits y los ladrillos»⁴. Una capa de elementos digitales en red cubre nuestros entornos construidos y fusiona sin fisuras la esfera de la información y el espacio físico habitado por los sujetos contemporáneos.

¿Cuáles son las consecuencias de estas transformaciones? Esta pregunta se puede abordar en varios niveles. En este artículo nos centraremos en un aspecto concreto que es, en nuestra opinión, especialmente productivo: la transformación de nuestras ciudades en sistemas cibernéticos de control en tiempo real con una naturaleza estática y dinámica dual integrada por cosas que existen en la esfera material y cosas que suceden en la esfera infosocial.

La siguiente sección especula sobre los factores que contribuirán de un modo más decisivo al nacimiento de esta nueva generación de vida urbana. Las ciudades del futuro cercano funcionarán como sistemas cibernéticos regidos por

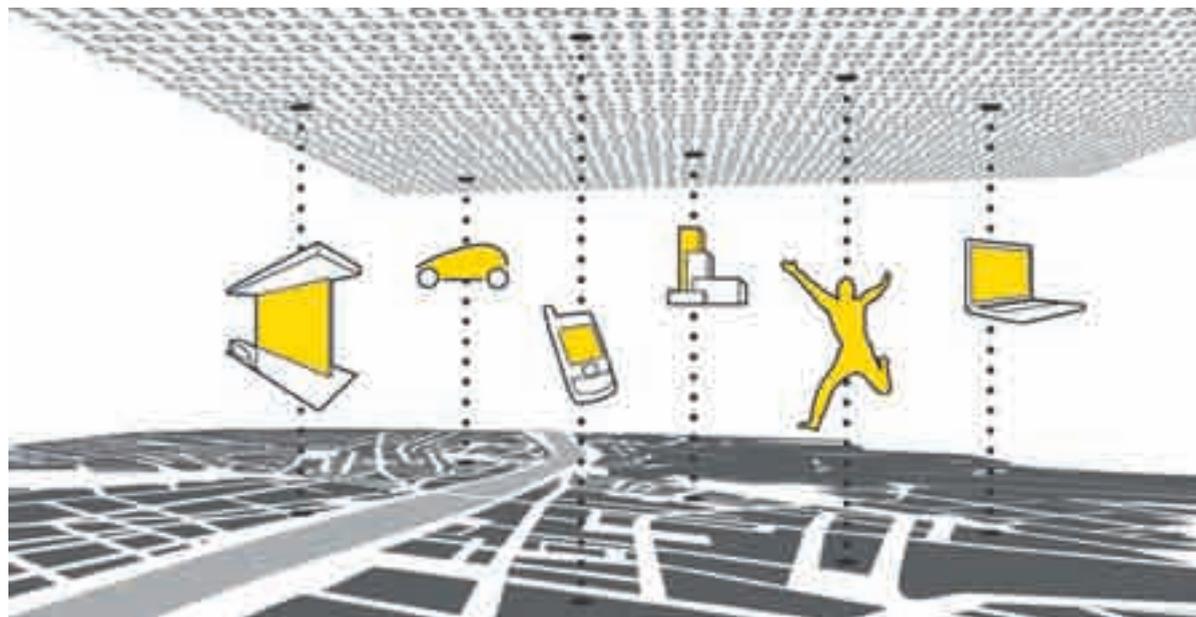
mecanismos de control sensibles. Gracias a la plétora de posibilidades que ofrecen las telecomunicaciones, la gente que vive en ciudades aumentadas digitalmente disfrutará de acceso en tiempo real a vastos repositorios de información. Y, con la ayuda de las nuevas tecnologías de detección y accionamiento, todos los elementos que integran la vida urbana se transformarán en entidades sensibles al contexto y con capacidad para tomar decisiones. En estos entornos inteligentes, las personas se pueden incorporar como entidades con deseos, necesidades y preferencias de carácter transitorio: *usuarios* hiperindividualizados en lugar de *habitantes* genéricos.

Terminaremos con una conjetura sobre la nueva generación de moradores que habitarán estas ciudades: usuarios-habitantes aumentados digitalmente y bien informados sobre las dinámicas de las ciudades en las que viven. En otras palabras, nos centraremos en el modo en que las personas cuyo entorno está mejorado digitalmente empiezan a actuar como auténticos sensores accionados en tiempo real en un mecanismo de retroalimentación que establece un

más de la mitad de la población humana, 3.300 millones de personas, vivirá en áreas urbanas. Se calcula que en 2030 esta cifra habrá aumentado hasta 5.000 millones». Este fenómeno ilustra mi afirmación de que las ciudades y otros paisajes construidos por el hombre se están multiplicando —y seguirán haciéndolo— en respuesta a la demanda de la creciente población mundial de urbanitas (Ahmed Obaid, 2007).

⁴ Hiroshi Ishii acuñó el término «bits tangibles», que subraya la idea de los bits que se pueden «agarrar y manipular» mediante el «acoplamiento de los bits con las superficies arquitectónicas y los objetos físicos cotidianos». Una vez que los bits de información se vuelven tangibles, se pueden considerar componentes básicos de nuestros espacios habitables y salvan el vacío existente entre el ciberespacio y el espacio físico con la ayuda de la tecnología digital. Por tanto, los bits y los ladrillos se unen en un nuevo cambio paradigmático en el ámbito de las prácticas espaciales (Ishii y Ullmer, 1997: 234-241).

Figura 1. ¿Cómo puede funcionar una ciudad como un sistema de código abierto en tiempo real? Póster con una visión del MIT SENSEable City Lab



“Gracias a la plétora de posibilidades que ofrecen las telecomunicaciones, la gente que vive en ciudades aumentadas digitalmente disfrutará de acceso en tiempo real a vastos repositorios de información”

vínculo entre ellos y la ciudad con la mediación de la nueva tecnología digital y de las redes de telecomunicaciones, en un proceso que usa la propia ciudad como interfaz.

LA CIUDAD COMO MECANISMO CIBERNÉTICO DE CONTROL EN TIEMPO REAL

En su artículo de 1969 «The Architectural Relevance of Cybernetics», Gordon Pask sostenía que los espacios arquitectónicos debían diseñarse como sistemas que pudieran responder a las condiciones emergentes y adaptarse a las necesidades de sus habitantes (Pask, 1969). En ese sentido, comparaba esos espacios con sistemas cibernéticos. Siguiendo la misma línea de pensamiento, podemos entender la ciudad posmoderna digitalmente mejorada como un mecanismo cibernético que permite la interacción en su condición de sistema espacial con capacidad para extraer información contextual, reconocer los deseos y las necesidades de sus habitantes, y adoptar patrones de conducta basados en lo aprendido.

Este sistema urbano cibernético emplea la tecnología de detección para monitorizar el entorno. Está condicionado por procesos computacionales que se basan en los cambios espaciotemporales detectados. Se acciona por medio

de agentes físicos o virtuales integrados que provocan cambios que el habitante puede detectar o que mejoran la experiencia espacial del ocupante de un modo explícito o implícito. También se enriquece con el recuerdo del pasado y la anticipación del futuro, y cuenta con cierto nivel de conectividad de datos, especialmente si los agentes encargados de la monitorización y el accionamiento están físicamente separados y la distancia se ha de salvar con medios tecnológicos. Estos pasos otorgan a la ciudad una conciencia limitada del cambio contextual que se produce con el tiempo y la capacitan para responder a ese cambio.

En lo que a la detección se refiere, se hace un uso cada vez más generalizado de cámaras y microcontroladores para gestionar la infraestructura de la ciudad, optimizar el transporte, monitorizar el medio ambiente y ejecutar aplicaciones de seguridad. Gracias a los avances de la microelectrónica, ahora es posible implementar redes de *polvo inteligente* formadas por diminutos robots, dispositivos o sensores inalámbricos MEMS (sistema micro-electromecánico). Además, estamos asistiendo a una explosión en el uso del teléfono móvil en todo el mundo. Según los datos de la ITU World Telecommunication Indicators Database, a principios de 2009 había más de 4.000 millones de móviles en uso en todo el planeta. Los teléfonos móviles son ubicuos y trascienden las fronteras que separan las clases socioeconómicas en los cinco continentes: nos permiten no solo comunicarnos entre nosotros como nunca lo hemos hecho, sino también crear una penetrante red de detección que llega a todos los rincones del globo.

En cuanto a la regulación y el accionamiento, la ciudad ya contiene accionadores como los semáforos, las señales de las calles que se actualizan de forma remota, etc. Un accionamiento más profundo es relativamente problemático: por ejemplo, no podemos duplicar el tamaño de una calle en tiempo real si detectamos un atasco de tráfico. Sin embargo, a diferencia de otros sistemas de control en tiempo real, las ciudades

tienen una característica especial: los ciudadanos. Al recibir información en tiempo real, adecuadamente visualizada y difundida, los ciudadanos pueden transformarse en accionadores inteligentes y distribuidos que luchan por sus intereses colaborando y compitiendo con otros. El procesamiento de la información urbana captada en tiempo real y su difusión pública pueden permitir a las personas tomar decisiones más adecuadas sobre el uso de los recursos urbanos, la movilidad y la interacción social.

Este bucle de retroalimentación de detección y procesamiento digital puede empezar a influir en diversos aspectos complejos y dinámicos de la ciudad y mejorar la sostenibilidad económica, social y medioambiental de los lugares que habitamos. Los bucles de retroalimentación pueden crecer unos dentro de otros: los edificios y otros elementos espaciales repartidos por la ciudad podrían convertirse en sondas y dispositivos de visualización ambientales, pero también podrían transformarse a título propio en dispositivos sensibles que responden en tiempo real.

Una ciudad cibernética se rige según la lógica de un paradigma computacional híbrido que examina las ramificaciones de la instalación de sensores que detectan los cambios de las propiedades físicas del contexto; examina el modo en que un microprocesador o un ordenador integrado procesa la señal digital resultante y, por último, examina la forma en que el sistema activa una serie de accionadores instalados, integrados o colocados en el espacio. En ocasiones, los microprocesadores actúan de forma aislada. Sin embargo, una vez que estos microsistemas se configuren en red, la comunicación, la detección y el procesamiento de la información desaparecerán en el entorno para crear una *Internet de las cosas* con cobertura mundial, como en la idea de la *Ubicom* propuesta por Mark Weiser⁵. Hay una consecuencia de este proceso dual de detección y accionamiento en la ciudad contemporánea que es especialmente importante: las ciudades pueden comenzar a funcionar como sistemas de control en tiempo real regulados

“El procesamiento de la información urbana captada en tiempo real y su difusión pública pueden permitir a las personas tomar decisiones más adecuadas sobre el uso de los recursos urbanos, la movilidad y a interacción social”

por diversos bucles de retroalimentación. En el siguiente apartado, centraremos nuestra atención en las posibilidades de la detección y el accionamiento en las ciudades del futuro cercano.

LA CIUDAD CIBERNÉTICA Y SUS DISTINTOS MECANISMOS DE DETECCIÓN

En su *Traité des Sensations*, Étienne Bonnot de Condillac ofrece una interesante reflexión sobre la sensibilidad como fuente de subjetividad⁶. Imagina una estatua viviente, despojada de toda sensación, salvo el sentido del olfato. Guía al lector por una secuencia en la que la sensación lleva a la comparación; la comparación lleva al juicio; el juicio, a la reflexión y al razonamiento, y estos, a la abstracción: la suma de todo lo anterior da como resultado lo que se podría describir como entendimiento y capacidad de actuación [humana]. Este enfoque basado en las sensaciones se puede aplicar a las ciudades como mecanismos cibernéticos. Los sensores son dispositivos que pueden registrar uno o varios aspectos cuantificables de los contextos en los que se usan. Una vez poblada con un gran número de sensores y dotada de la habilidad de registrar los cambios que se producen en su contexto, una ciudad

⁵ Mark Weiser es el padre del concepto *computación ubicua* o *Ubicom*. En su artículo de 1991 «The Computer for the Twenty-First Century», Weiser analiza la idea de una integración sin fisuras de los ordenadores en el mundo: «Las tecnologías más profundas son aquellas que desaparecen. Se entrelazan con el tejido de la vida cotidiana hasta que terminan siendo indistinguibles de él». Propone el término *virtualidad encarnada* para hacer referencia al proceso de sacar los ordenadores de sus discretos emplazamientos e integrar la informática plenamente en los entornos de nuestras experiencias vitales cotidianas (Weiser, 1991: 94-100).

⁶ En *History of Philosophy*, Alfred Weber ofrece una descripción y una interpretación muy completas del argumento de la estatua sensible de Condillac. Me he inspirado en su interpretación para formular mi argumento (Weber, 1912: 399-403).

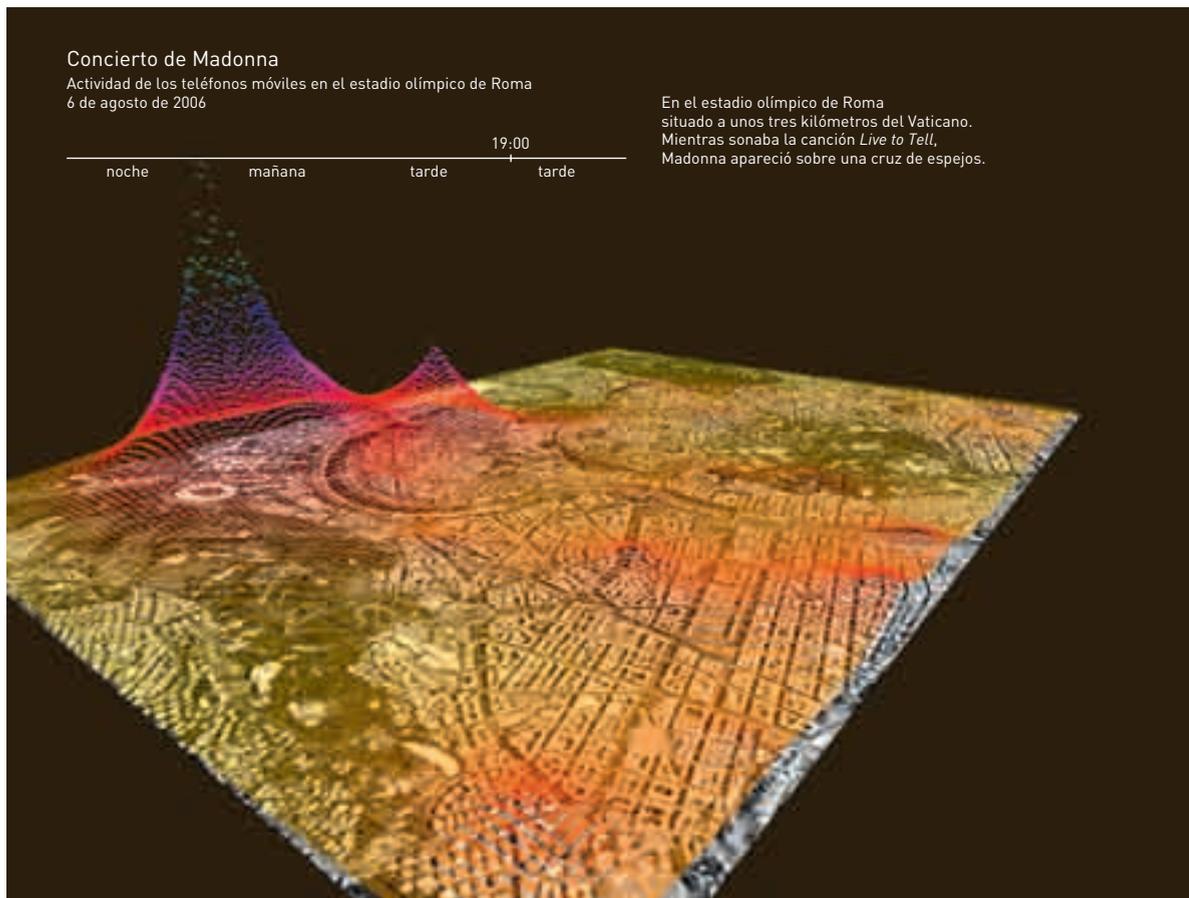
puede adquirir un nivel limitado de capacidad de actuación a través de la comparación, el juicio, la reflexión, el razonamiento y la abstracción.

Para alcanzar este objetivo, debemos preguntarnos cómo podemos detectar una ciudad y sus dinámicas. Una forma de hacerlo es aprovechar los sistemas ya existentes que se han desarrollado para otros fines pero que pueden actuar como fuentes de información sobre el modo en que funcionan nuestras ciudades. La red de teléfonos móviles es un excelente ejemplo. Llamamos a este procedimiento *detección viral*, ya que los algoritmos computacionales de estas prácticas de detección se instalan en las redes digitales que ya aumentan las ciudades, como un virus se infiltra en un entorno ya funcional perteneciente a otro organismo para desarrollar en él sus bioprocesos internos. La premisa de estas prácticas de detección es que el sujeto contemporáneo deja voluntaria e involuntariamente rastros digitales en diversas redes que se yuxtaponen en las áreas urbanas. Cada vez que se usa una tarjeta de crédito, se envía un mensaje de texto o un correo electrónico, se formula una consulta en Google, se realiza una llamada telefónica, se actualiza un perfil de Facebook, se carga o se etiqueta una foto en Flickr, o se completa una compra en una de las grandes tiendas en línea, como Amazon.com, se añade una entrada con la fecha y el lugar de la acción a un conjunto de datos que reside en un servidor central administrado y mantenido por la entidad organizativa que ha proporcionado la plataforma para estas y varios cientos más de operaciones cotidianas. Una vez que los conjuntos de datos están espacial y temporalmente asociados a entidades y fenómenos del ámbito físico, los paisajes urbanos en los que residen estos rastros se transforman en *paisajes de información*. Un paisaje de información, en este contexto, es un territorio digital temporal y espacialmente vinculado con el territorio físico. Los paisajes de información se pueden mostrar en pantallas digitales públicas integradas en instalaciones arquitectónicas y en dispositivos informáticos personales de mano.

Gracias a los avances en el campo de la conectividad de datos y las tecnologías de las telecomunicaciones, la conexión a los conjuntos de datos alojados en servidores distantes está mejorando, lo que hace posible que los motores de gestión de datos obtengan en tiempo real información actualizada sobre el estado de las entidades monitorizadas. Los espacios urbanos del territorio con anotaciones digitales aumentado con los conjuntos de datos recopilados crean paisajes condicionados que albergan nuevas formas de expresión, como las exposiciones públicas o celebradas en museos o las demostraciones urbanas. El MIT SENSEable City Lab ha realizado numerosos experimentos que han llevado a esas exposiciones y demostraciones urbanas en los últimos años, con ejemplos como *Wikicity Rome* y *NYTE*. En los dos casos, la visualización en tiempo real de los datos extraídos de las redes de comunicación se relaciona con el territorio geográfico para revelar las dinámicas urbanas en tiempo real a los observadores. Estos espectáculos tecnológicamente mejorados —paisajes de información en tiempo real proyectados sobre superficies arquitectónicas o disponibles a través de distintos dispositivos— provocan un desplazamiento temporal del observador, que se aleja del territorio físico en el que vive y se traslada a una ubicación distante, lo que le proporciona una perspectiva general de la dinámica contenida en el paisaje urbano.

El proyecto *Wikicity Rome* aprovechaba los datos combinados del uso de los teléfonos móviles. Las visualizaciones resultantes representaban los puntos más frecuentados de la ciudad y daban una visión general de la ocupación del paisaje urbano y de los lugares y los patrones temporales que regían la dispersión de la multitud integrada por los usuarios de teléfonos móviles. La detección colectiva basada en el uso de los móviles permite distinguir en tiempo real los puntos más activos y los lugares congestionados de la ciudad. Esto puede ayudar a los organismos administrativos a regular el tráfico y el flujo

Figura 2. *Wikicity Rome*, 2007. MIT SENSEable City Lab: Assaf Biderman, Francesco Calabrese, Kirstian Kloeckl, Carlo Ratti, Bernd Resch y Andrea Vaccari



de los recursos en la ciudad en función de esas dinámicas en tiempo real.

Cuando el sistema se presentó en la X Exposición Internacional de Arquitectura de la Bienal de Venecia, los investigadores del MIT SENSEable City Lab complementaron la evaluación de la dinámica urbana obtenida de los teléfonos móviles con datos basados en las posiciones instantáneas de los autobuses y los taxis. Esto suministraba información sobre la movilidad, desde el estado del tráfico a los desplazamientos de los peatones por la ciudad, en tiempo real. Las visualizaciones proporcionaban una interpretación cualitativa del modo en que los datos combinados del uso de los teléfonos móviles en red y la información de la ubicación del transporte público se pueden emplear para ofrecer a los ciudadanos y a las autoridades unos

servicios de gran valor. Los investigadores del MIT SENSEable City Lab creen que este sistema «puede dotar a los habitantes de la ciudad de un conocimiento más profundo sobre las dinámicas urbanas y un control superior de su entorno, ya que les permitirá tomar decisiones más fundamentadas sobre lo que los rodea y reducirá la ineficiencia de los sistemas urbanos actuales» (Calabrese *et. al.*, 2010). Además de aprovechar las redes existentes, se pueden instalar redes de sensores personalizadas que descodifiquen los distintos flujos que se dan en las ciudades. La ciudad cibernética puede recibir esta información desde diversas redes de mecanismos de detección. La primera es una red de agentes de detección gestionados centralmente e integrados en el tejido de la ciudad. Con este fin, el polvo inteligente satura el espacio urbano, extrae

grandes cantidades de información sobre los procesos contenidos en el entorno y los espacios construidos y canaliza esa información a un mecanismo central de comando y control. En él, estos datos se combinan, se gestionan y se usan como base para entender cómo se debe regular y accionar el espacio monitorizado de la ciudad.

La tecnología que permitirá geolocalizar toda la superficie del planeta no está tan lejos de convertirse en una realidad. En la actualidad, la interfaz de programación de la aplicación Google Maps ofrece un modelo virtual bidimensional del mundo. Gracias a los avances en la interfaz de programación y la plataforma de Google Earth, este modelo virtual está evolucionando hacia una copia virtual tridimensional y completa del mundo físico. Imaginemos el día en el que ese modelo pueda aumentarse con capas de información geolocalizadas sobre cada uno de los objetos contenidos en él. Este supuesto tendría dos efectos diferentes pero estrechamente relacionados en nuestro consumo y nuestra producción de espacio. En primer lugar, los datos extraídos de todas las cosas permitirían a los usuarios de este sistema espacial entender la dinámica de nuestros paisajes construidos por medio del análisis de esos grandes conjuntos de datos obtenidos en tiempo real. Este conocimiento en tiempo real de la dinámica espacial se puede volver a introducir en el proceso de diseño espacial y en la gestión de los recursos espaciales. Por otra parte, si el acceso a esas capas de información se democratizara, los habitantes de nuestros paisajes construidos también se beneficiarían.

Si un conjunto de sensores capaces de comunicarse con un servidor administrado centralmente se integra y se distribuye en un contexto espacial, la posibilidad de la detección distribuida se manifiesta como uno de los aspectos de un mundo totalmente conectado en red o una *Internet de las cosas*. Si los sensores están bien localizados en el terreno físico, es decir, si las transacciones codificadas digitalmente que envían al servidor incluyen sus ubicaciones exactas, esta

red permite a un sistema cibernético crear un modelo virtual del territorio físico que se actualiza constantemente y en tiempo real con información sobre el contexto. Dependiendo de la naturaleza de los datos detectados, el modelo virtual puede representar diferentes aspectos del territorio físico.

Las redes de sensores pueden estar compuestas por agentes de detección fijos o por agentes que recorren o inspeccionan el territorio monitorizado. Si los sensores están integrados, crean un telón de fondo fijo para un modelo virtual de la dinámica en tiempo real del espacio monitorizado que se corresponde con la ubicación geográfica permanente de los sensores. Si los nodos se implementan como sondas dinámicas, esta capa de telón de fondo también estará animada. En algunos casos, una vez que las ubicaciones geográficas de los sensores se han codificado, la única transmisión requerida para actualizar el modelo virtual es el cambio detectado por los sensores, junto con el código de identificación único del sensor que transmite los datos. En la segunda categoría de sensores móviles, cada transmisión se tiene que etiquetar o anotar también para incluir la ubicación actual del sensor.

Además, una red de sensores se puede configurar de modo que los agentes notifiquen automáticamente el estado actual de los fenómenos monitorizados a intervalos predefinidos o que indiquen su estado actual en respuesta a una solicitud de actualización procedente del servidor central en el que se combina la información detectada. Esto crea una dicotomía: redes de sensores que generan notificaciones automáticas frente a redes de sensores que responden a las solicitudes del usuario.

En los mecanismos de detección urbana basados en redes con una estructura central de comando y control, con algoritmos que permiten realizar una interpretación contextual de la información transmitida a la base de datos, llegamos a escenarios espaciales en los que regiones geográficas completas se han aumentado

digitalmente gracias a la ubicuidad de estos dispositivos de detección y transmisión. En la versión extrema de este escenario, podríamos imaginar un mundo en el que cualquier objeto es capaz de detectar su contexto e informar sobre él a una instalación central de gestión de datos donde su identidad, su ubicación en tiempo real y su estado contextual se cruzan, se almacenan y se administran con herramientas computacionales. Un buen ejemplo de este tipo de escenario es el proyecto *Trash Track* realizado en 2009 por el MIT SENSEable City Lab.

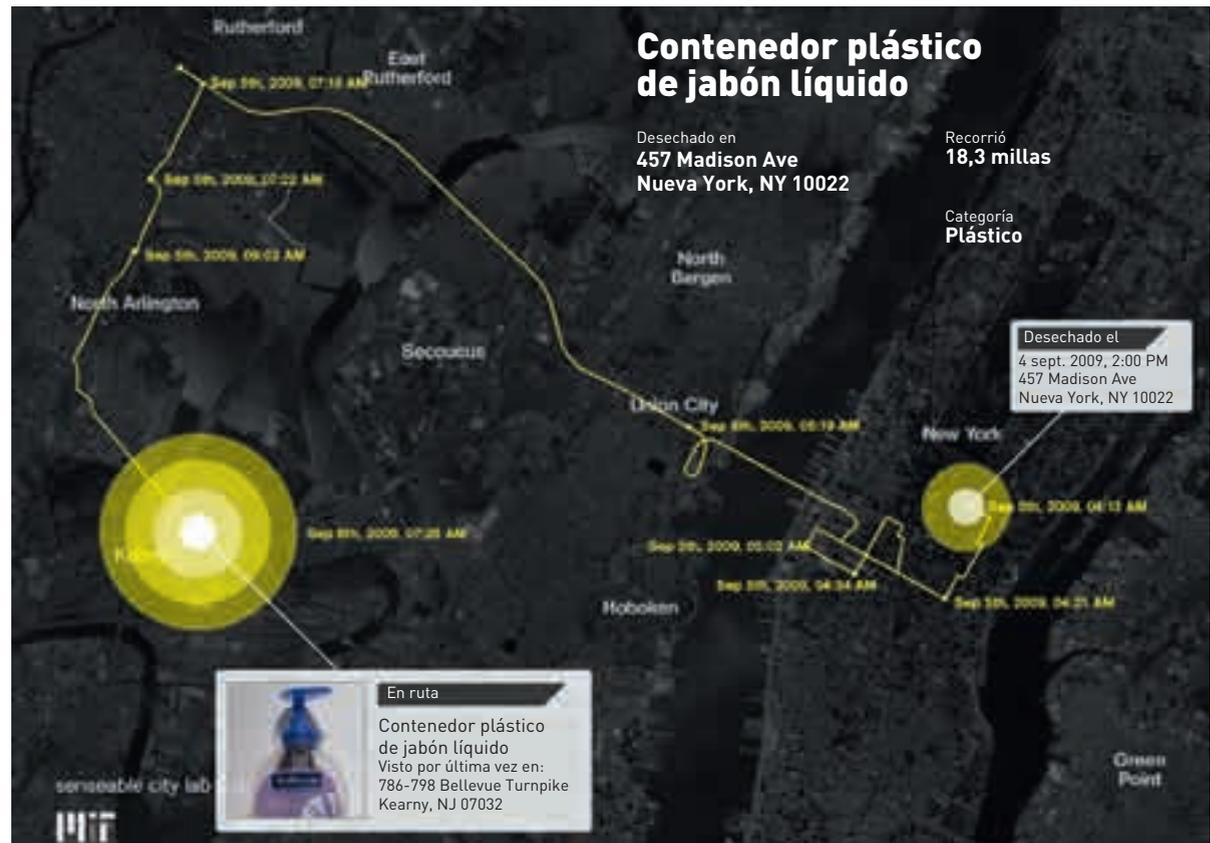
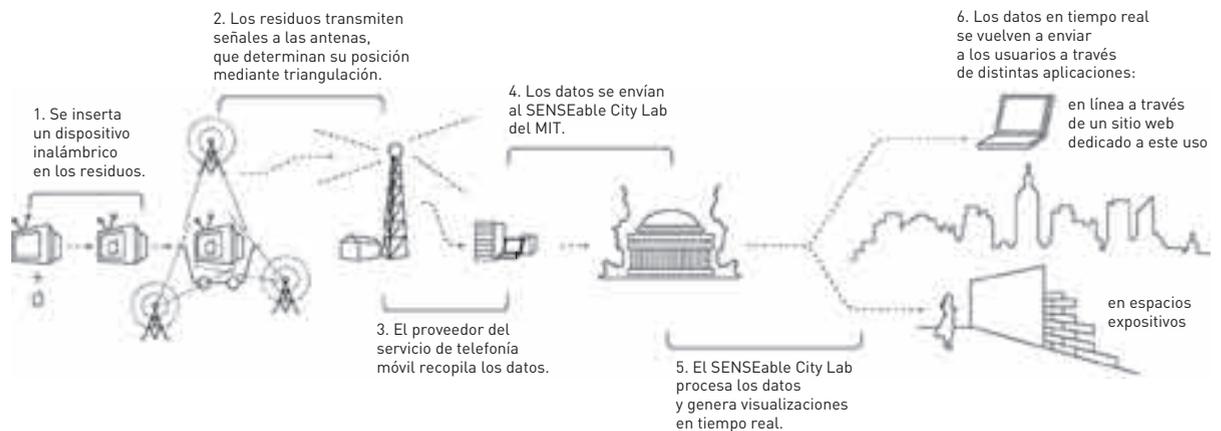
El proyecto usaba una serie de etiquetas mejoradas digitalmente que se podían asociar a ciertos objetos y que notificaban su posición a una infraestructura troncal de Internet a través de la red celular. *Trash Track* usaba estas etiquetas que informaban sobre la ubicación para hacer un seguimiento de los desechos urbanos y estudiar la eficiencia de la cadena urbana de eliminación de residuos. La plataforma permitía a los diseñadores y los planificadores analizar los datos adquiridos y tomar decisiones fundadas de alto nivel sobre la gestión del paisaje construido en el que trabajaban. Esto permitía abordar de forma empírica diversas preguntas sobre la dinámica de la cadena de eliminación de residuos urbanos: ¿es eficiente nuestra cadena de eliminación de residuos? ¿Se manipulan correctamente los residuos peligrosos o hay lagunas en el sistema que se deban solucionar? ¿Se reciclan realmente los residuos reciclados o terminan en vertederos? El sistema *Trash Track* puede tener un gran impacto en la naturaleza de la percepción que una ciudad o una región tiene de sus hábitos de eliminación de residuos.

Generalmente, la gente da por hecho que, una vez que tira la basura, deja de ser responsabilidad suya. Ofrecer una visión en tiempo real del recorrido de los desechos por el paisaje de sus vidas cotidianas ampliará la esfera de responsabilidad percibida por cada ciudadano sacándola del espacio doméstico para hacerla extensiva al espacio de la ciudad. Puede que esta percepción urbana en tiempo real dé como resultado una

mayor responsabilidad urbana. Sin embargo, *Smart Trash* no es más que uno de los posibles escenarios de una concepción más amplia de un mundo poblado por *sensores*.

Como ya se ha señalado, en la detección viral las huellas digitales involuntarias de los urbanitas contemporáneos almacenadas en las bases de datos centrales de los proveedores de servicios constituyen el punto de partida para entender la dinámica de la ciudad. De nuevo, las redes de sensores emplean una arquitectura descendente en la que todos los sensores envían información sobre el entorno a una base de datos central en la que esa información se combina, se gestiona y se almacena. En lugar de estos planteamientos descendentes, deberíamos valorar también el uso de sistemas ascendentes más cercanos a la base para detectar la dinámica de las ciudades. Una posibilidad es pensar en cada urbanita como un *sensor humano*, un agente con capacidad de detección que puede informar sobre su experiencia individual a través de los datos generados por el contenido creado por los propios usuarios en las plataformas de contenido compartido. Llegamos así a la tercera posibilidad de detección urbana: el *crowdsourcing* o sistema de contribución colectiva. Las plataformas en las que se comparte el contenido generado por los usuarios permiten a todos los participantes informar a otros sobre su experiencia en tiempo real y en un formato multimodal de alta resolución. En estas plataformas, los usuarios proyectan constantemente el mundo físico en el mundo digital. Sitios web como Flickr, Twitter, Facebook y Wikipedia son almacenes de lo que las personas *detectan* en la ciudad. Esta dinámica está creando gradualmente un mundo digital que es un reflejo del mundo físico. Para casi todas las ciudades del mundo, existe una versión digital paralela, tan rica en diversidad y contenido como el original físico, que se reparte por diferentes plataformas y sistemas. Esto se debe a que el urbanita contemporáneo aumentado digitalmente carga imágenes de los acontecimientos *populares*, envía

Figura 3. *Trash Track*, 2009. MIT SENSEable City Lab: Carlo Ratti, director; Assaf Biderman, director adjunto; Dietmar Offenhuber, jefe de equipo; Eugenio Morello, jefe de equipo; Musstanser Tinauli, jefe de equipo; Kristian Kloeckl, jefe de equipo; Lewis Girod, ingeniería; Jennifer Dunnam, E Roon Kang, Kevin Nattinger, Avid Boustani, David Lee, programación; Alan Anderson, Clio Andris, Carnaven Chiu, Chris Chung, Lorenzo Davolli, Kathryn Dineen, Natalia Duque Ciceri, Samantha Earl, Sarabjit Kaur, Sarah Neilson, Giovanni de Niederhausern, Jill Passano, Elizabeth Ramaccia, Renato Rinaldi, Francisca Rojas, Luis Sirota, Malima Wolf, Armin Linke, vídeo



entradas de Twitter sobre los nuevos eventos en tiempo real y crea y actualiza páginas sobre la ciudad en Wikipedia. Estos actos de comunicación generan distintos tipos de datos que proporcionan perspectivas únicas de las formas en

que la gente experimenta, recorre y ve la ciudad. De este modo, la multitud se convierte en una red distribuida de sensores que nos permite entender los patrones dinámicos de la ciudad y las experiencias de sus ciudadanos prácticamente

en tiempo real. Por ello, denominamos a este fenómeno *crowdsensing* (Pereira *et. al.*) o detección colectiva.

Aprovechando las posibilidades ofrecidas por las plataformas en las que se comparte el contenido generado por los usuarios, los investigadores del SENSEable City Lab han llevado a cabo varios proyectos dirigidos a revelar la dinámica de los paisajes urbanos partiendo de la visión y la información que sobre ellos proporcionan, en colaboración, sus habitantes. Por ejemplo, en el proyecto *Los ojos del mundo/The World's Eyes*, el atractivo y la popularidad de los lugares y los acontecimientos se revelan mediante la visualización de la densidad de los datos generados por los usuarios; en concreto, de las fotos con etiquetas que informan sobre la ubicación y la hora cargadas por los usuarios de Flickr. Después, los rastros electrónicos dejados por los usuarios y basados en las secuencias de las fotografías se emplean para revelar la presencia y el movimiento de los visitantes de una ciudad. Estas visualizaciones de datos que geolocalizan el contenido generado por la experiencia que el usuario tiene de un contexto urbano descubren el modo en que las ciudades son interpretadas por sus ocupantes; por ejemplo, qué lugares se consideran más o

menos importantes y qué captan los ojos de las personas que se encuentran en ellos. La *ciudad virtual* creada a través de la geolocalización del contenido generado por los usuarios refleja la realidad de la dinámica de la ciudad y puede convertirse en un recurso eficaz para entenderla (Pereira *et. al.*).

Por ejemplo, una animación de las fotos con etiquetas geográficas de diferentes vecindarios de Barcelona cuyas descripciones hacen referencia a «fiestas» del verano de 2007 demuestra que el casco antiguo de Barcelona (la Ciutat Vella) es el lugar al que la gente va a divertirse. Esta observación queda refrendada por el hecho de que el área contiene una gran densidad de turistas, el distrito bohemio de Gràcia y la zona del Fòrum (donde se celebran diversos festivales de música).

Otra visualización del mismo conjunto analiza las fotografías que los turistas han hecho en España a lo largo de un año. Mientras que las fotos se solapan en algunos puntos y ponen de manifiesto lugares que atraen la mirada del fotógrafo, en otras ubicaciones llama la atención la ausencia de imágenes, que deja al descubierto los rincones más solitarios de España.

Ahora que hemos descrito tres formas de proporcionar datos al mecanismo de control en

Figura 4. *Los ojos del mundo/The World's Eyes*, 2009. MIT SENSEable City Lab: Carlo Ratti, director; Assaf Bidermann, director adjunto; Fabien Girardin, jefe de proyecto; David Lu, diseñador visual; Andrea Vaccari, recopilación de datos. Universitat Pompeu Fabra: Ernesto Arroyo, diseñador de interacción



“Los accionadores y las interfaces que suministran información son los componentes del espacio controlados por el resultado generado por el sistema operativo a partir de los cambios que los sensores registran y envían como datos al sistema operativo”

tiempo real de una ciudad cibernética —la detección viral, las redes de sensores implementadas y la detección colectiva—, especularemos sobre los resultados de esos sistemas urbanos o, dicho de otro modo, sobre los mecanismos de accionamiento.

LOS DISTINTOS MECANISMOS DE ACCIONAMIENTO Y REGULACIÓN DE LA CIUDAD CIBERNÉTICA

Como los mecanismos de detección, los mecanismos de accionamiento resultan esenciales para las ciudades que son sistemas cibernéticos. En el ámbito del accionamiento y la regulación espacial, podemos especular con dos conjuntos de posibilidades. El primero es la regulación del paisaje por medio de agentes de accionamiento integrados en el espacio y controlados por algoritmos condicionados por la información recibida desde diversos mecanismos de detección. Esta visión abre una amplia gama de alternativas para el diseño y la implementación de entornos sensibles y espacios interactivos mediante la integración de las tecnologías digitales en el diseño de los edificios y los objetos.

Los accionadores y las interfaces que suministran información son los componentes del espacio controlados por el resultado generado por el sistema operativo a partir de los cambios que los sensores registran y envían como datos al sistema operativo. El accionamiento de un espacio aumentado digitalmente se puede entender como un mecanismo que provoca el tipo de movimiento físico que se observa en las arquitecturas cinéticas. Los agentes que inician el movimiento pueden provocar en los elementos tangibles de los entornos espaciales una rotación, una colocación vertical y horizontal o una vibración. Otra posibilidad es usar materiales que cambien de forma cuando se exponen a una corriente eléctrica. Por ejemplo, dependiendo del patrón de interconexión de los alambres musculares con la estructura de una superficie arquitectónica, cuando se aplica una corriente eléctrica, la superficie altera su forma para adaptarse al cambio de longitud de los alambres.

Una vez que los espacios habitables de las ciudades se convierten en entidades sensibles al contexto con capacidad de decisión, gracias al uso de mecanismos de detección que también pueden analizar los datos detectados, el sujeto humano que habita ese espacio se puede incorporar como entidad que tiene deseos, necesidades y preferencias de naturaleza transitoria. Esto hace posible que el entorno responda a la información suministrada por sus habitantes o, al menos, a aspectos concretos de su comportamiento. De este modo, los habitantes pasan a ser identificables y cada uno de ellos merece un tratamiento específico por parte del espacio que habita. Un usuario-sujeto es un habitante hiperindividualizado, y un espacio interactivo respeta sus especificidades y le ofrece una experiencia personalizada.

La locomoción física no es la única forma de iniciar un cambio en un contexto espacial. El cambio también se puede desencadenar manipulando el paisaje sonoro para inyectar en el espacio ruido [blanco] audible o piezas melódicas y musicales cuyo contenido, volumen e intensidad

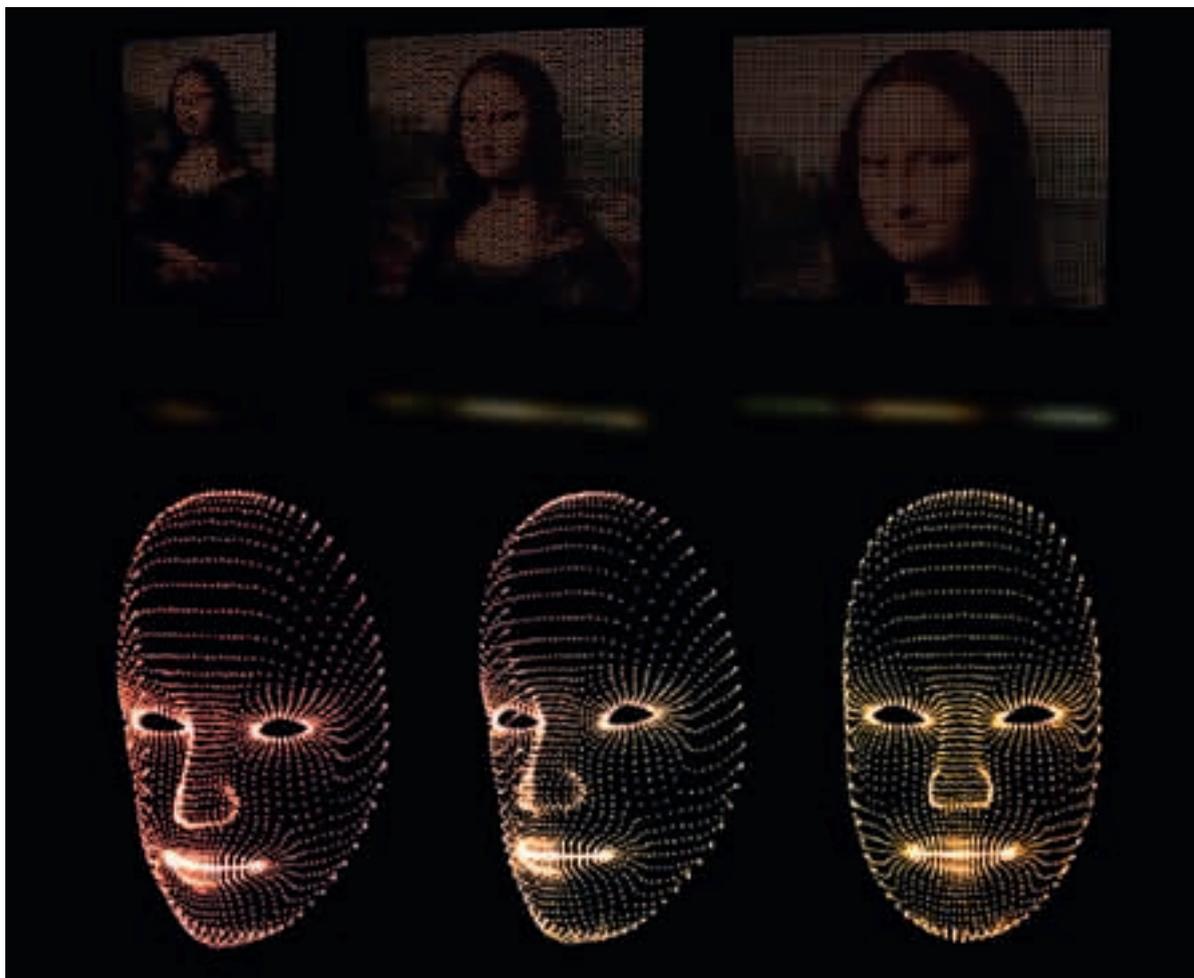
Figura 5. *Cloud*, 2009. Arquitectura de: Carlo Ratti, Walter Nicolino, Alex Haw. Equipo de Carlorattiassociati y MIT SENSEable City Lab: Giovanni De Niederhausern, Alberto Bottero, Pietro Leoni, Coen Smets, Assaf Biderman, Mauro Martino, E Roon Kang



varían en función del tiempo. El cambio perceptible se puede sugerir de manera visual, con agentes que emitan luz de intensidad y color variables. Administrar niebla de distintas densidades también puede manipular los aspectos visuales del espacio modificando la profundidad del campo de perspectiva. Las superficies arquitectónicas se pueden dotar de características visuales variables, como la transparencia o el color, que respondan a la cantidad de corriente eléctrica a la que estén expuestas. Por otra parte, el cambio se puede provocar a través de pantallas digitales integradas en las superficies arquitectónicas que muestren imágenes animadas a los sujetos que habitan el espacio, como ocurre en el sistema de visualización *CLOUD*. Los patrones de sus cubiertas esféricas animadas ofrecen una interfaz de escala urbana para suministrar información en tiempo real a los habitantes y visitantes de la ciudad.

Otro ejemplo de tecnologías de visualización que pueden accionar el espacio de la ciudad es el que se explora en el proyecto *Flyfire*. *Flyfire*, un diseño del SENSEable City Laboratory en colaboración con el ARES Lab (Aerospace Robotics and Embedded Systems Laboratory), usa un alto número de microhelicópteros que se organizan automáticamente y que contienen pequeños LED y actúan como píxeles inteligentes. Los helicópteros se controlan para crear movimientos sincronizados y formar superficies de visualización elásticas. Esto permite transformar cualquier espacio ordinario en un entorno de visualización con un alto grado de inmersión e interactividad. El mecanismo propuesto explora la posibilidad de una visualización espacial de forma libre compuesta por un enjambre de píxeles que se organizan automáticamente en tiempo real para adaptarse a los requisitos de visualización de cualquier situación.

Figura 6. *Flyfire*, 2010 (arriba: visualización de imagen ráster, abajo: visualización de imagen vectorial). MIT SENSEable City Lab: Carlo Ratti, director; Assaf Biderman, director adjunto; Carnaven Chiu, jefe de equipo y elementos visuales; E Roon Kang, jefe de equipo (2. fase); Caitlin Zacharias, Shaocong Zhou. ARES Lab: Emilio Frazzoli, director; Erich Mueller, ingeniería



El espacio también se puede manipular de un modo sugerente por medio de la termoecepción. Los accionadores pueden provocar cambios en el entorno a través de una serie de mecanismos de calentamiento y enfriamiento o de humidificación y deshumidificación. Los aspectos del espacio relacionados con la termoecepción se pueden condicionar usando accionadores como ventiladores que manipulen el patrón y la intensidad del flujo de aire a través del espacio. Como alternativa, el cambio se puede expresar en términos olfativos por medio de accionadores integrados que emitan aromas y dispersen patrones de gases y líquidos con olor. En el caso

más extremo, integrar dispensadores de líquido o gas permitirá al diseñador idear entornos arquitectónicos que tengan una naturaleza menos material o física, como ocurre en el proyecto *Digital Water Pavilion*.

Sin embargo, manipular el espacio por medio de accionadores integrados no es el único modo posible de regular espacialmente los sistemas urbanos cibernéticos. Los propios habitantes de las ciudades se pueden considerar agentes potenciales de regulación y accionamiento. Desde este punto de vista, el espacio de la ciudad se percibe como el proveedor de acceso que suministra información en tiempo real a un cuerpo

Figura 7. *Digital Water Pavilion*, 2008. Diseño arquitectónico: Carlorattiassociati. Arquitectura del paisaje: Agence Ter. Diseño gráfico: Studio FM Milano. Ingeniería: Arup. Ingeniería de la pared de agua interactiva: Lumiartechnia International. Contratista principal: Siemens. Supervisión de la instalación: Tyspa. Diseño preliminar de la puerta de acceso a la exposición: MIT SENSEable City Lab. Diseño de la milla digital: MIT Department of Urban Studies and Planning / City Design and Development Group. Concepto de la pared de agua interactiva: MIT Media Laboratory / Smart Cities Group



que lo habita de forma física. Por tanto, el diseño espacial no se limita a la asignación de recursos materiales, sino que tiene en cuenta la asignación temporal de información relacionada con la ubicación o el contexto de quienes lo ocupan. El nuevo conocimiento analítico de la dinámica espacial obtenido a través del suministro en tiempo real de información geográficamente definida se puede devolver a los individuos que habitan esos paisajes para ayudarles a tomar decisiones bien fundadas. Un ejemplo de este planteamiento es el servicio contextual ofrecido en tiempo real por las redes celulares que evalúa la densidad de una multitud en función del uso de los teléfonos móviles en una zona y proporciona esa información a los residentes de la ciudad que quieren identificar los sitios más populares. En esos casos, no se acciona el espacio, sino sus habitantes, y la regulación eficaz de la dinámica espacial se basa en las decisiones que estos toman.

Esta es la que consideramos la característica más prometedora de la ciudad del futuro: el hecho de que la actividad en colaboración de sus ciudadanos la hace *inteligente*. Los ciudadanos tienen el potencial de actuar como agentes

sensibles que proporcionan información automáticamente y contribuyen a monitorizar la ciudad como organismo cibernético. Por otra parte, pueden ser accionados, y sus acciones se pueden autorregular en función del conocimiento en tiempo real de la dinámica de la ciudad transmitido a través de plataformas que suministran información.

Una ciudad así será un lugar atractivo para vivir y trabajar, ya que ofrece una plataforma que refuerza la identidad y la cultura a través de la colaboración. Esa colaboración para definir y redefinir la dimensión efímera de la ciudad se puede entender como una forma de hacerla más atractiva y de lograr que sus ciudadanos se impliquen más en ella. Una ciudad que está abierta a las modificaciones individuales permite a las personas dejar en ella un rastro intencionado de sí mismas. De este modo, la ciudad se convierte en un lienzo ilimitado de colaboración, lo que genera un constante suministro de información humana.

Una ciudad cuyos habitantes se convierten en sensores y que se acciona en respuesta a los resultados de la información que los habitantes reciben en tiempo real sobre su dinámica interna

será más sensible a cuestiones como la adaptabilidad, la eficiencia y la optimización operativa. Por tanto, aunque las ciudades aumentadas responden a prioridades como la funcionalidad, la durabilidad estructural y el atractivo estético, al diseñar esos espacios la atención se centrará inevitablemente en su capacidad de actuación. Después de todo, cualquier espacio que puede adaptarse a unas condiciones nuevas no está ahí tan solo para durar, sino también para *actuar*. Al final, las ciudades aumentadas digitalmente son ciudades que actúan y, dotadas de la tecnología adecuada, el límite de la eficiencia de esa actuación vendrá dado por el límite de la imaginación y el deseo de quienes las diseñan y las habitan. A este efecto, la ciudad cibernética será un medio a través del cual los sujetos que ocupan el espacio se comunicarán entre ellos, con lo que pasarán de ser habitantes pasivos a convertirse en participantes activos o accionadores de los contextos espaciales. Así pues, ponemos punto final a nuestra reflexión sobre la ciudad del futuro con los términos *usuario-participante-habitante* o *ciudadano sensor-accionador* para describir a esas personas que son sus ciudadanos y que serán, en última instancia, responsables del organismo cibernético que habitan.

BIBLIOGRAFÍA

- AHMED OBAID, T. (2007), «Peering into the Dawn of an Urban Millennium», *State of World Population 2007*, Nueva York, NY: United Nations Population Fund, http://www.unfpa.org/swp/2007/presskit/pdf/sowp2007_eng.pdf [consultado por última vez el 12 de abril de 2010].
- CALABRESE, F., M. COLONNA, P. LOVISOLO, D. PARATA y C. RATTI (2010), «Real-Time Urban Monitoring Using Cellular Phones: a Case-Study in Rome», *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*.
- ISHII, H., y B. ULLMER (1997), «Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces Between People, Bits and Atoms», en S. Pemberton (ed.), *Proceedings of the ACM CHI 97 Human Factors in Computing Systems Conference*, Nueva York, NY: ACM, pp. 234-241.
- MOSCO, V. (2004), *The Digital Sublime: Myth, Power, and Cyberspace*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- NEGROPONTE, N. (1995), *Being Digital*, Nueva York: Knopf, 1995. Existe versión en español (2000), *El mundo digital*, Barcelona: Suma de letras.
- PASK, G. (1969), «The Architectural Relevance of Cybernetics», *Architectural Design* 39, pp. 494-496.
- PEREIRA, F. C., A. VACCARI, F. GIARDIN, C. CHIU y C. RATTI, «Crowdsensing in [a?] Web: Analyzing the Citizens' Experience in the Urban Space», MIT SENSEable City Lab, próxima publicación.
- PETERS, T. y G. GILDER (1995), «City vs. Country: Tom Peters & George Gilder Debate the Impact of Technology on Location», *Forbes ASAP Technology Issue*, 27 de febrero, pp. 56.
- TURKLE, S. (1997), *Life on the Screen: Identity in the Age of the Internet*, Nueva York: Simon & Schuster. Existe versión en español, *La vida en la pantalla: la construcción de la identidad en la era de Internet*, Barcelona: Paidós.
- WEISER, M. (1991), «The Computer for the Twenty-First Century», *Scientific American*, septiembre, pp. 94-100.
- WEBER, A. (1912), *History of Philosophy*, Nueva York: Charles Scribners Sons, pp. 399-403. Versión española: *Historia de la filosofía europea*, Madrid: Antonio G. Izquierdo, 1914.

BBVA

Ópera del futuro para robots y también para personas

Tod Machover
MIT Media Lab

Todos amamos la música profundamente; la ópera reúne en sí todas las formas concebibles de ampliar y de unificar los sentidos *en torno a* la música. La música y la ópera son capaces de entretenernos, estimularnos, conmovernos y transformarnos como pocas otras actividades pueden hacerlo. De hecho, cada vez se investiga más acerca de cómo es y dónde reside el poder de la música, y algunos de estos estudios (como el tan traído y llevado *efecto Mozart*) indican que el mero hecho de escuchar música con el iPod mientras conducimos, leemos o dormimos, o quizás incluso de interpretar música para nuestros hijos cuando están aún en el vientre materno es suficiente para que esta despliegue toda su magia.

Por desgracia, esto no es del todo cierto. La música ejerce su poder cuando participamos en ella activamente, no cuando la escuchamos de forma subliminal. En consecuencia, he trabajado con mi grupo del MIT Media Lab para crear herramientas —a menudo empleando tecnologías especiales— que permitan a todo el mundo participar directamente en la creación musical, independientemente de su formación.

Este campo ha experimentado una revolución durante los últimos años debido al enorme éxito de los videojuegos *Guitar Hero* y *Rock Band*, desarrollados por mis alumnos del MIT Media Lab

Alex Rigopulos y Eran Egozy a partir de ideas en las que trabajamos a principios de los años noventa. Lo positivo de *Guitar Hero* y de *Rock Band* es que demuestran claramente la disposición del público a sumergirse en la creación musical cuando se le proporciona el entorno adecuado. Sin embargo, tienen el inconveniente de que ninguno de ellos constituye una plataforma verdaderamente musical ni fomenta el aprendizaje, la expresión o la creatividad.

¿Qué sucedería si combináramos el entusiasmo y la capacidad de *enganchar* —rayana en la adicción— que genera *Guitar Hero* con una experiencia musical más prolongada, personal y abierta? ¿Cómo introducir una actividad nueva de este tipo en una ecología musical más integrada, donde las enormes distancias que separan en la actualidad a celebridades y aficionados se redujeran y se elevara para todos el nivel de complejidad, de excelencia y, por tanto, de disfrute musical?

Las investigaciones que dirijo en el MIT Media Lab y muchos de los proyectos musicales que emprendo tratan de avanzar en estas direcciones. Hemos comenzado por crear *hiperinstrumentos* para algunos de los mejores intérpretes del mundo, como Yo-Yo Ma y Prince, así como para orquestas, formaciones de música de cámara y grupos de *rock*. Los *hiperinstrumentos*

incorporan toda clase de sensores, de manera que reconocen cómo están siendo tocados. Al cambiar la interpretación y las sensaciones durante la actuación, un violonchelo, por ejemplo, puede transformarse en voz, en toda una orquesta o en algo que nadie ha oído antes.

A medida que íbamos creando estos *hiperinstrumentos* virtuosos, empezamos a imaginar que podríamos utilizar tecnologías y estrategias de interpretación similares para conseguir instrumentos e interfaces dirigidos a aquellos melómanos que no fueran virtuosos con una gran formación. Con este fin, diseñamos una serie de instrumentos e interfaces; uno de los mayores conjuntos fue la *Brain Opera* presentada en el primer Festival del Centro Lincoln de Nueva York en 1996, que emprendió una gira mundial y que ahora se halla instalada en la Haus der Musik de Viena.

Creamos una orquesta bastante amplia de instrumentos de fantasía (como *árboles rítmicos*, *conducción armónica*, *paredes gestuales* y *cabaletas melódicas*), especialmente diseñados para que cualquiera los pudiera tocar haciendo uso de su habilidad natural. Se puede jugar con un videojuego, conducir a través de una pieza musical, usar gestos para controlar grandes masas de sonidos, tocar una superficie especial para crear melodías y utilizar la voz para conseguir un ambiente general. Aunque diseñamos *Brain Opera* para melómanos adultos, observamos que allá donde fuéramos eran los visitantes más jóvenes (menores de ocho años) y los más ancianos (por encima de setenta años) quienes lo entendían mejor y lo manejaban con más creatividad. Tal vez esto se deba a su desinhibición y a la búsqueda de juego y creatividad social que caracteriza a estas edades. Así pues, decidimos centrarnos en actividades que pudieran atraer más directamente a estos colectivos.

Esto dio lugar a nuestro proyecto *Toy Symphony* (2002-2005), que pretende reconsiderar cómo introducir a los niños en la música de la forma más completa, creativa y divertida posible. El objetivo consiste en que a los niños primero



Con Yo-Yo Ma probando el Hypercello

les apasione hacer música y que después quieran seguir aprendiendo. Con ese fin diseñamos una serie de «juguetes musicales» nuevos, como los *Music Shapers*, que son blandos, pueden estrujarse y manipulan la intensidad y el color de los tonos; los *Beatbugs*, que captan ritmos que después se pueden modificar y compartir con los amigos; así como un entorno de *software* de composición denominado *Hyperscore*, que sirve para componer música original dando forma a líneas y colores. Otro objetivo de *Toy Symphony* consistía en desarrollar un modelo de proyecto —adquirir habilidades musicales, crear música nueva, ensayar y ofrecer un concierto— para reunir a niños y orquestas.

Los resultados obtenidos con *Toy Symphony* fueron tan alentadores que decidimos extender el modelo a otros colectivos en los que pudiera haber impedimentos claros para la expresión y la creatividad personal y para los cuales el acceso a la música a través de nuevas herramientas musicales pudiera ser un medio ideal. Así, en 2004 empezamos a centrarnos en brindar



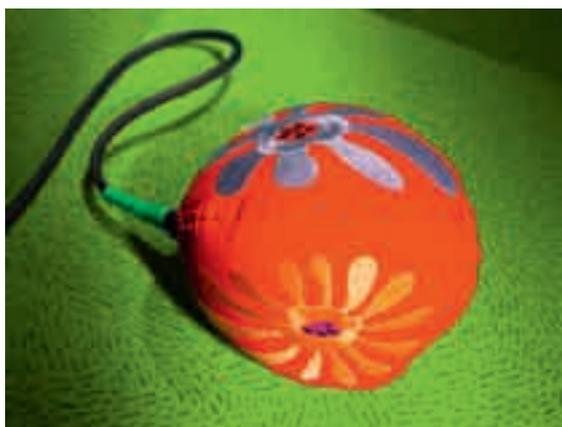
experiencias y herramientas musicales —basadas en la investigación permanente que llevan a cabo mis colegas del MIT Media Lab y cada vez más los del mundo entero— para contribuir a mejorar la salud, diagnosticar enfermedades y proporcionar un medio de expresión y de comunicación que de otro modo no existiría. Este nuevo campo de Música, Mente y Salud dio paso a investigaciones en torno a la utilización de la música para la detección precoz del Alzheimer, para la adaptación social y emocional de autistas, para facilitar la rehabilitación física y mental, y para un abanico de aplicaciones cada vez mayor. Junto con mi alumno Adam Boulanger, comencé a trabajar en este terreno en el Hospital de Tewksbury, cerca de Boston, donde se nos invitó a trabajar con un grupo de pacientes hospitalizados crónicos que presentaban muy diversas discapacidades físicas y mentales graves. Organizamos talleres de composición con *Hyperscore* que culminaron en una serie de conciertos públicos en los que se ejecutó música de los propios pacientes. Este proceso alcanzó tal éxito que se ha reproducido en numerosos lugares, ha conseguido mejoras notables e inesperadas en

pacientes con distintos trastornos y ha impulsado a algunos de ellos a enseñar a otros cómo se utilizan estas nuevas herramientas y entornos para la expresión musical creativa.

Un sistema de interpretación diseñado para Dan Ellsey y conjuntamente con él constituye un ejemplo de la nueva categoría de interfaces a la que denominamos «instrumentos personales». Incluso algo tan complejo como el *hiperviolonchelo* que diseñamos para Yo-Yo Ma se convierte en un instrumento de uso general. En otras palabras, cualquier persona que esté familiarizada con la técnica violonchelística puede tocarlo y sacarle un mayor partido en función de su maestría y de sus conocimientos. Sin embargo, el instrumento de Dan fue diseñado única y exclusivamente para él: percibe su estilo particular y los detalles de sus movimientos, así como la manera de traducirlos en expresión musical, y compensa sus limitaciones físicas concretas. Los futuros instrumentos e interfaces pueden y deben poder adaptarse y sintonizarse con cada una de nuestras habilidades y limitaciones. Para nosotros, el sistema de interpretación de Dan representa el primer paso en esta dirección.

¿Cómo llegué a embarcarme en una labor tan inusual? Gracias al deseo de componer música, la actividad que más me gusta. Es ahí donde mejor se combinan mis habilidades e intereses —imaginación, reflexión, organización y el deseo de transmitir mis pensamientos y emociones a cualquiera que desee escuchar—. También me encanta la soledad: realizo mi trabajo creativo en un establo del siglo XVIII situado en nuestra granja próxima a Boston, donde puedo ir en busca de mis ideas sin necesidad de explicarlas o de traducirlas hasta que todo esté maduro y listo. Por tanto, puede resultar paradójico que otra gran parte de mi vida la pase en uno de los centros de invenciones tecnológicas más futurista, más basado en la colaboración y más activo del mundo: el MIT Media Lab. Pero las fuerzas de atracción y las complejidades que conlleva la fusión de ambos mundos son esenciales para entender cómo y por qué trabajo, y han surgido de semillas plantadas cuando era muy joven. Aunque mi madre es una pianista formada en la Academia Juilliard y notable pedagoga, y mi padre uno de los pioneros de la infografía, en realidad tardé cierto tiempo en empezar a combinar estos campos. Crecí como violonchelista, al principio interpretando solos de Bach y después música de cámara (nunca me gustó demasiado tocar en orquestas), y posteriormente, en el instituto, componía o improvisaba música con un violonchelo *rock* eléctrico y modificado que creé colocando unos grandes auriculares alrededor del instrumento para amplificar el sonido y transmitirlo después mediante *loops* magnetofónicos y procesos analógicos de transformación.

La aparición del álbum *Sgt. Pepper's Lonely Hearts Club Band* de los Beatles me cambió la vida: sugería una música con un equilibrio ideal entre lo complejo y lo directo. Pero había un inconveniente. Al tratarse de un producto de estudio de grabación, la mayoría de la música de los Beatles posterior a 1967 realmente no podía tocarse en directo. Entonces empecé a dar vueltas a un modo de interpretación que combinara lo

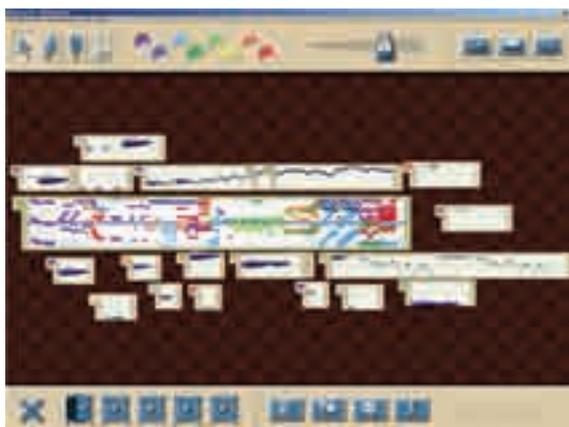


físico y lo íntimo del violonchelo solista y la creatividad desbordada del estudio de grabación. Me impulsaba la necesidad de sacar a través de mis brazos y mis dedos, con el fin de mostrarla al mundo, esa música extraña, tentadora e intrincada que me llenaba la cabeza.

Este deseo me llevó no solo a componer la música que imaginaba, sino también a inventar nuevos instrumentos y nuevas formas de tocarlos, algo que de niño jamás se me habría ocurrido que pudiera llegar a hacer. Así pues, junto con mis colegas y alumnos del MIT Media Lab, diseñé los proyectos antes mencionados.

Inventos como estos son parte de una tendencia que ha logrado avances sorprendentes a lo largo de los diez últimos años. La tecnología ha democratizado la música de maneras que incluso a mí me sorprenden, revolucionando el acceso a cualquier música y en cualquier momento con iPod y iTunes, haciendo posible la creación musical interactiva a los aficionados a través de *Guitar Hero* y de *Rock Band*, proporcionando medios de producción y de grabación digital desde cualquier ordenador portátil superiores a los que usaron los Beatles en Abbey Road, y redefiniendo los conjuntos interpretativos con iniciativas como la iPhone Orchestra de la Universidad de Stanford y la YouTube Symphony.

De hecho, cuando 2010 toca a su fin, uno se pregunta si queda más tecnología musical por inventar o si es simplemente cuestión de que nuestra imaginación musical y nuestra cultura



artística estén a la altura. La respuesta es que sí a las dos cosas, y algo más.

Por primera vez en mi carrera, me da la impresión de que ya tengo suficientes herramientas en mi portátil, de que hay suficiente capacidad interpretativa en jóvenes artistas brillantes e innovadores, suficientes novedades en el iPhone, y cada vez más apertura y mayor espíritu emprendedor en formaciones musicales de todos los tamaños para estimular mi imaginación y permitir la producción y la difusión de mis creaciones, algo inusuales.

Pero aunque estas tecnologías musicales son ya muy poderosas y están cada vez más extendidas, también tienen sus limitaciones y sus posibles riesgos. *Guitar Hero* es apasionante desde el punto de vista rítmico, pero aún no es lo suficientemente expresivo o creativo: se trata de una experiencia que *engancha*, pero cuyo final *no* conduce a una mayor musicalidad, una mayor capacidad de escucha o una mayor consciencia del conjunto. El iPhone es un pequeño camaleón sorprendente, pero le faltan el tacto y la sensibilidad que ofrece incluso el instrumento tradicional más sencillo; resulta mejor para seleccionar y cambiar que para modelar con sutileza. La presencia del sonido amplificado se deja percibir con un volumen alto y nos *rodea* cada vez más, pero sigue dando prioridad a los graves frente al «suave murmullo» bíblico. Y aún no disponemos de un sistema para medir la interpretación que logre ni de lejos transmitir la exuberancia,

el registro y la inmediatez de un director como Gustavo Dudamel o que supere realmente la experiencia de escuchar a una orquesta sinfónica tradicional.

Como compositor, observo que cada nueva pieza que emprendo conlleva retos tecnológicos interesantes pero abrumadores; parece que mi imaginación funciona así. Un ejemplo de ello es el proyecto que tengo ahora mismo entre manos: la ópera *Death and the Powers*.

La Ópera de Montecarlo me invitó a crear una ópera nueva (e inusual), y desde el principio me vinieron a la mente dos impresiones fundamentales. La primera surgía de mis reflexiones acerca de la muerte y lo difícil que resulta resumir nuestra vida de manera que podamos compartirla y transmitirla a nuestros seres queridos de una generación a otra; la segunda era la poderosa capacidad que tiene la música de recopilar y concentrar múltiples experiencias y grabarlas de manera indeleble en nuestra memoria. Así pues, comencé a imaginar que este entramado de recuerdos musicales —que abarcan toda una vida— debía ir más allá de las notas y los instrumentos tradicionales, saltar del escenario y envolver físicamente al espectador a través de la audición y la visión. Esto se transformó en una impresión mental de sonidos tridimensionales flotantes, ondulantes y palpables, representados visualmente mediante objetos de movimientos lentos que se metamorfoseaban y llenaban un escenario: algo así como si la película *Fantasia* tomara consistencia física (aunque con *mi* música y *sin* elefantes bailando). Sentí la necesidad de ir más allá de la planitud y la aspereza de las herramientas multimedia habituales para crear algo que fuera al mismo tiempo trascendente y mágico, pero también completamente humano y con los pies en el suelo.

Entonces busqué colaboradores (el poeta Robert Pinsky y el dramaturgo Randy Weiner) para convertir estas impresiones iniciales en una ópera, género que me atraía desde hacía tiempo porque utiliza la palabra y la imagen para vincular las cualidades abstractas de la música con

la experiencia humana concreta. Juntos elaboramos un relato acerca de un hombre que desea abandonar el mundo para pasar a un nivel de existencia superior, pero quiere que todo lo relacionado con él —sus recuerdos, su capacidad para influir en los demás, su relación con los seres queridos, su legado— perdure.

Esta historia evolucionó hasta convertirse en un libreto operístico completo en el que el personaje principal, llamado Simon Powers, enciende el Sistema al final de la primera escena y su entorno le va envolviendo cada vez más, obligando a los demás a decidir cómo comunicarse con él o con el Sistema, si debe continuar y qué parte de su legado conservar o rechazar. El mismo escenario se convierte en el protagonista de la ópera, apropiándose de la presencia física del cantante y ampliándola. Materializar esta visión supuso un reto sobrecogedor, pero felizmente, con la colaboración de la directora Diane Paulus, el diseñador Alex McDowell, la coreógrafa Karole Armitage y mi grupo del MIT Media Lab, diseñamos paredes que suspiraban, muebles que cambiaban de forma, robots que se deslizaban e incluso una lámpara de araña resonante para recrear el Sistema en el escenario y hacerle *cantar*.

Para contribuir a relatar esta historia y a poner sonido a la partitura, todos los elementos de este entorno físico traducen y amplifican la presencia humana de Simon Powers utilizando nuestra nueva técnica de «interpretación incorpórea», lo que desafía los límites actuales de nuestra capacidad para medir e interpretar todas las sutilezas de una gran actuación. Las técnicas que desarrollamos han obtenido sorprendentes resultados, al transformar gestos refinados, toques apenas perceptibles y hasta la respiración más liviana en sonidos, formas y movimientos que transmiten personalidad y sentimiento sin tener aspecto humano ni sonar exactamente como él, aunque al final acabemos sintiéndonos muy cerca de Simon. Toda esta infraestructura constituye un nuevo tipo de instrumento y, de hecho, hemos aprendido a *tocarlo*

a tiempo para las representaciones del estreno mundial de *Death and the Powers* en Mónaco en septiembre de 2010. Todos los aspectos inusuales de este gigantesco proyecto —música, argumento, texto, elementos visuales, movimiento, robótica y otros— se reunieron y se convirtieron en más que la suma de sus partes. Se estableció una relación incómoda (tal como se deseaba) que invitó al público a cuestionarse los límites entre el hombre y la máquina, y a menudo los espectadores conectaban emocionalmente con el coro de los OperaBots.

Estos OperaBots estructuran la ópera cuando aceptan interpretar esta historia heredada en una época futura en la que ya no quedan seres humanos en la Tierra. Una vez comenzada la ópera, los OperaBots están casi siempre en escena, reaccionando ante los intérpretes de carne y hueso, comentando la acción, siendo los juguetes o las *mascoas* de Nicholas, el ayudante de Simon Powers que los construyó, y actuando como una especie de intermediarios entre los seres humanos y el Sistema. Aunque no son exactamente personajes individuales, sí tienen coreografías y comportamientos de ese tipo; se deslizan y dan vueltas, parpadean y modulan la luz y, desde luego, cantan de vez en cuando. Los OperaBots tienen *carácter* —son divertidos, interesantes, entregados, vehementes— pero no entienden las cuestiones que dan sentido y textura a las vidas humanas: las relaciones, el tiempo, el contacto, el sacrificio. Les importan las acciones de los personajes humanos, pero carecen de las motivaciones subyacentes en el enfrentamiento final de Simon Powers con su hija Miranda, cuando el protagonista le ruega que entre en el Sistema con él, y ella debe decidir qué ganaría y qué perdería si lo hiciera.

Las obras de arte no encierran una idea o un mensaje únicos. Sin embargo, dos de los fines que han inspirado este proyecto han sido, en primer lugar, cómo conseguir que la tecnología realizara la presencia humana y la comunicación en escena, en oposición al enorme distanciamiento que se produce cada vez más en los

Escena de *Death and the Powers*
con el tenor Hal Cazalet.
Al fondo, los OperaBots



megaespectáculos que ofrecen los conciertos de *rock*, en los que se bombardea al público desde el escenario con un sonido desagradable a todo volumen y donde los artistas parecen hormigas ante una pantalla de televisión gigantesca.

También he querido explorar la posibilidad y el *pathos* de lo que es fácil y difícil de comunicar entre dos personas —en especial de una generación a otra—. Igualmente, pretendía organizar un viaje en el que estas preguntas y sentimientos cobraran vida a través de melodías memorables, texturas sonoras inusuales y ritmos pulsátiles... con la ayuda de unos cuantos robots.

Creo que *Death and the Powers* es una obra innovadora en diversos aspectos. Un objetivo subyacente de esta ópera ha sido crear una forma de interpretación en directo que fuera mucho más allá de la típica práctica multimedia de la interpretación contemporánea que vemos constantemente, por ejemplo, en los mencionados espectáculos de *rock*. La norma, en nuestros días, consiste en conseguir un sonido

dolorosamente sobrecogedor que llene enormes estadios y con gigantescas pantallas de vídeo que vuelvan minúsculos a los intérpretes humanos (incluso en las últimas giras de U2, por ejemplo), en lugar de potenciar la presencia humana. Por este motivo nosotros hemos creado, en cambio, un escenario lleno de *objetos físicos animados*, desde los robots musicales y las paredes *animatrónicas* hasta la Araña Musical. Todos ellos confieren forma física a una compleja tecnología (lo que incluye uno de los sistemas de sonido más refinados jamás utilizados para una actuación en directo), con el fin de conectar al público con los seres humanos que se encuentran en el escenario.

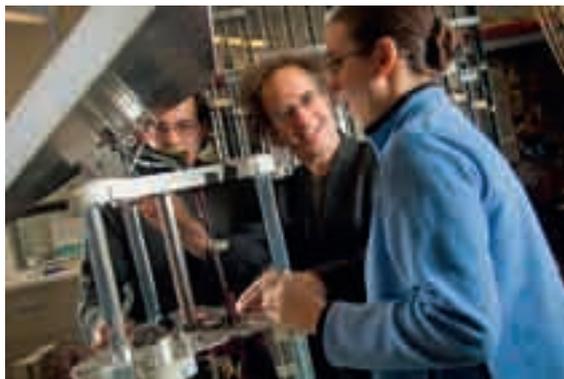
Además, hemos hecho avanzar la interpretación robótica, y ello no solo mediante nuestros OperaBots autónomos, las paredes móviles del Sistema y la Araña, sino también con muebles robots que dotan de rasgos humanos creíbles a objetos inanimados. No hay duda de que esta ópera puede inducir a las personas a pensar

mucho más ampliamente en el potencial de los robots y en lo productivo de la relación que se da entre estos y los seres humanos.

Con el fin de controlar la complejidad sin precedentes de los robots, de los efectos visuales y de los sonidos, hemos desarrollado un *software* especial para crear un arte *intermedia*, un diseño que integra todos los aspectos del espectáculo, lo suficientemente complejo para que pueda ajustarlo el programador de inteligencia artificial más exigente, pero lo suficientemente intuitivo para que se sientan cómodos con él un director o un coreógrafo no versados en cuestiones técnicas. Ese mismo *software* permite controlar la representación en tiempo real de cada aspecto del espectáculo, con una sincronización perfecta de los acontecimientos y una sutil reacción mutua entre elementos, de manera que todo lo que hay en el escenario se convierte en parte de un único *sistema* integral.

Hemos desarrollado, asimismo, nuevas tecnologías sensoriales e interpretativas, de manera que se puede traducir una combinación del comportamiento consciente (voz y gestos manuales) e inconsciente (respiración, latido cardíaco, tensión muscular, etc.) del cantante para controlar todos los elementos interconectados del escenario, con el fin de que parezca realmente que este y los propios decorados *están vivos*, logrando una representación sorprendentemente creíble del ser humano que ya no está presente. Creemos que esta tecnología podría ejercer una influencia considerable en el futuro de la telepresencia, de la comunicación expresiva y de la colaboración a distancia.

El objetivo de cualquier actuación en directo es, por supuesto, conseguir que el público se concentre en la experiencia en sí misma, en las ideas y en los sentimientos, es decir, que la *creación* de la interpretación —y, en este caso, todo este tinglado tecnológico— parezca sencilla e inevitable. Se trata de uno de los espectáculos escénicos más complejos jamás montados, con numerosos elementos individuales que deben funcionar con precisión, delicadeza, fuerza



Elly Jessop y Tod Machover con el robot

y belleza, y que, además, lo tienen que hacer realmente como un *sistema* de máquinas que interactúan y deben trabajar juntas de las maneras más increíbles. Según atestigua el equipo de producción de la ópera, todo parece sencillo para quienes no lo saben. Evidentemente, los que estamos entre bastidores no podemos decir lo mismo.

Esperemos que estas innovaciones propicien a largo plazo nuevas posibilidades musicales que no puedo pronosticar en este momento, al igual que el *software* y el *hardware* diseñados para medir el manejo del arco por parte de Yo-Yo Ma —de forma ligeramente zigzagueante— sirvieron para *Guitar Hero*. Por ejemplo, no me sorprendería que la compleja infraestructura que utiliza Simon Powers para crear y transmitir su legado desembocara en una plataforma en la que cualquiera pudiera crear y compartir historias musicales —una especie de *ópera personal*— en el teléfono móvil, algo en lo que ya estamos trabajando con varios socios, como la Royal Opera House del Covent Garden de Londres. Del mismo modo que Simon Powers crea su legado a través de los elementos interconectados que hay en el escenario, la *ópera personal* podría ofrecer una nueva forma de guardar y transmitir recuerdos, de contar historias y establecer una continuidad a lo largo de las generaciones. Además, estamos diseñando este entorno para fomentar la acumulación espontánea de impresiones y recuerdos de nuestras bases de datos personales, modeladas por una entrada natural,



como una vocalización o un gesto, en lugar de promover las producciones de estudio al estilo de *Sargent Pepper* que me inspiraron hace tantos años a buscar otra vía. Creemos que el resultado será a un tiempo liberador y sorprendente, y que por un lado unirá a las generaciones para contar y escuchar historias y, por otro, a expertos y aficionados en un beneficioso entorno pedagógico.

Creo que es precisamente este tipo de originalidad sorprendente que puede conseguir la tecnología —a través de lo que se puede personalizar con precisión en cada proyecto y de los nuevos descubrimientos imprevistos que cada uno de estos parece requerir o desvelar— lo que constituye para mí uno de sus atractivos permanentes.

Pero no podemos dar por sentada esa originalidad. La tecnología musical es tan omnipresente en nuestra cultura —y todos somos conscientes de ello—, que los *tecnotópicos* y las *tecnobanalidades* están a la orden del día y se han convertido en algo cada vez más difícil de identificar y erradicar. En la actualidad resulta engañosamente difícil aplicar la tecnología a la música de manera que desborde nuestra imaginación, profundice en nuestras ideas personales, nos saque de la aburrida rutina y de las creencias aceptadas y nos acerque cada vez más los unos a los otros.

Esto es lo que hace que merezca la pena este trabajo y lo que me inspira. Pero también genera una paradoja que experimento día tras día: el

deseo de modelar el futuro no es perfectamente compatible con el conocimiento de que la experiencia musical (y su capacidad de atraernos y transformarnos) es efímera, se produce aquí y ahora, en este mismo instante; seríamos muy afortunados si pudiéramos crear nuevos sonidos, instrumentos y tecnologías que captaran la perfección compacta y poderosa que supone interpretar, escuchar o imaginar a Bach surgiendo de un solo de violonchelo.

Lo que las nuevas tecnologías pueden aportar a esta mezcla es la capacidad de establecer un nuevo modelo de interrelación entre expertos y aficionados en la escucha, la interpretación y la creación musicales. Aunque algunos de los límites para una participación activa en la música se hayan erosionado, sigue quedando mucho por hacer para alcanzar una cultura musical verdaderamente intensa.

En mi opinión, un ejemplo claro del tipo de nueva *ecología* musical que debemos perseguir radica en la relación que existe entre nuestra cultura y la cocina. Todos disfrutamos comiendo en restaurantes de tres tenedores y admiramos las creaciones de los mejores chefs del mundo. Al mismo tiempo, no dudamos en dedicarnos personalmente a preparar platos especiales de alta calidad en ocasiones señaladas. También nos hacemos la comida a diario, improvisando contenidos que reflejan nuestros estilos personales. Disfrutamos comiendo e incluso estudiando la cocina más *experta* que encontremos, pero no nos da miedo ponernos a inventar platos de nuestra cosecha. A su vez, el hecho de estar constantemente preparando comida nos permite comprender y apreciar mejor otros alimentos con los que podamos encontrarnos.

La música —y la mayoría de las artes— se ha alejado mucho de esta *ecología saludable*, y esto es lo que tenemos que reinventar. La tecnología puede ser de utilidad, sirviendo de puente para cada uno de nosotros de acuerdo con nuestra formación y experiencia, aprovechando nuestras habilidades y compensando nuestras limitaciones. Y —lo que es más importante— tenemos

que establecer una asociación prácticamente nueva entre todos los posibles participantes en nuestra cultura musical, como los artistas individuales, todas las partes involucradas en el negocio de la música, la tecnología, el estilo de vida, las organizaciones sanitarias y sociales, las entidades dedicadas a la organización y difusión de acontecimientos musicales, las instituciones investigadoras, los artistas como pedagogos y —lo que no es menos importante— el público melómano. Solo de este modo podremos crear una cultura que permita a la música alcanzar todo su potencial de modelar y transformar nuestra experiencia. La música podría ejercer así su máxima influencia sobre la sociedad en general. ¿Podemos imaginar un mundo en el que la música —y la ópera— alimente como mínimo igual que una comida en un restaurante de tres tenedores?

Relación de autores

Curtis R. Carlson, doctor en Dinámica de Fluidos Geofísicos por la Rutgers University, es presidente y director general de SRI International, presidente de Sarnoff Corporation y presidente honorario del Madrid Research Institute, con sede en España.

Es miembro del National Council for Innovation and Entrepreneurship de Estados Unidos y copreside el Consejo de Asesoramiento Científico de la National Research Foundation de Singapur; es miembro fundador del Consejo de Liderazgo para la Innovación del Foro Económico Mundial y ha formado parte del equipo de I+D del presidente Obama.

Ha recibido títulos honorarios de la Universidad Técnica de Malasia, el Worcester Polytechnic Institute, el Stevens Institute of Technology y la Universidad de Kettering. Carlson ha formado parte de múltiples consejos corporativos y gubernamentales. Es miembro de Sigma Xi y Tau Beta Pi. Entre sus numerosas publicaciones técnicas se incluye *Innovation: The five Disciplines for Creating What Customers Want* (con William Wilmot, Random House, 2006). Es titular de patentes fundamentales en los campos de la calidad de la imagen y la visión por ordenador y un orador muy solicitado en el ámbito de la innovación y la competitividad mundial.

Alfonso Gambardella (doctor por Stanford, Departamento de Economía, 1991) es catedrático de Gestión Corporativa y decano de la Escuela de Posgrado de la Università Bocconi. Es director de *European Management Review* y forma parte del

consejo editorial de publicaciones como *Academy of Management Review*, *Global Strategy Journal*, *Industrial and Corporate Change*, *Research Policy* y *Strategic Management Journal*. Publica habitualmente en diversas revistas internacionales como *Industrial and Corporate Change*, *Journal of Industrial Economics*, *Management Science*, *Organization Science*, *Research Policy* y *Strategic Management Journal*. También ha publicado libros con las principales editoriales internacionales, en especial Cambridge University Press, The MIT Press y Oxford University Press. Su libro *Markets for Technology* (con Ashish Arora y Andrea Fosfuri), editado por The MIT Press, es una obra ampliamente citada. Su sitio web es <http://www.alfonso-gambardella.it/>.

Hugh Herr es profesor adjunto del programa de Media Arts and Sciences del MIT y de la división de Health Sciences and Technology de Harvard-MIT. Herr es el fundador y director del grupo de investigación Biomechanics (Biomecatrónica) del MIT Media Laboratory. El objetivo principal de su investigación es aplicar los principios de la biomecánica y el control neural para guiar los diseños de sistemas robóticos que puedan colocarse sobre el cuerpo con el fin de facilitar la rehabilitación humana y potenciar la capacidad física. En el área de la potenciación humana, Herr ha empleado modelos musculoesqueléticos híbridos en el diseño y la optimización de una nueva clase de mecanismos controlados por el hombre que incrementan la resistencia en las actividades anaeróbicas cíclicas. También ha construido zapatos

elásticos que aumentan el ahorro metabólico al correr y exoesqueletos para las piernas que mejoran la capacidad para transportar cargas al caminar. En el ámbito de la tecnología de asistencia, el grupo de Herr ha desarrollado mecanismos ortésicos y protésicos motorizados que se pueden emplear como intervenciones complementarias en el tratamiento de discapacidades de las piernas causadas por las amputaciones, los accidentes cerebrovasculares, la parálisis cerebral y la esclerosis múltiple.

Hiroyuki Itami, doctor en Administración Industrial por la Carnegie-Mellon University, es catedrático de Gestión y decano de la Escuela de Posgrado de Gestión de la Ciencia y la Tecnología de la Universidad de la Ciencia de Tokio. Durante más de treinta años ha ejercido la docencia en la Universidad Hitotsubashi de Tokio, donde es profesor emérito, y también en la Stanford Graduate School of Business y en el INSEAD. Sus investigaciones y publicaciones abarcan diversos campos, como la estrategia, el gobierno corporativo y los sistemas corporativos japoneses, y en los últimos tiempos ha centrado su atención en la innovación y en un nuevo paradigma de gestión. Ha escrito más de cuarenta libros y numerosos artículos, principalmente en japonés pero también en inglés, como *Mobilizing Invisible Assets*, publicado por Harvard University Press.

Alice Lam es profesora de Estudios de la Organización en la Escuela de Gestión de la Royal Holloway University of London. Tiene un doctorado de

la London School of Economics. Su investigación se centra en la relación existente entre las formas de organización, la creación de conocimiento y las instituciones sociales. Estudia además desde hace años los roles y las trayectorias profesionales de los científicos y los ingenieros. Su trabajo actual examina la dinámica innovadora de las organizaciones en red y los flujos profesionales y del conocimiento que se dan en la colaboración entre universidad e industria. Ha sido autora de numerosos artículos en una amplia gama de publicaciones académicas, como *Organization Studies*, *Journal of Management Studies*, *Human Resource Management Journal* e *Industrial Relations*.

Robert E. Litan, doctor por la Yale University, es vicepresidente de Investigación y Política en la Kauffman Foundation de Kansas City e investigador sénior del Programa de Estudios Económicos de la Brookings Institution. Antes, ocupó diversos cargos de alto nivel, como el de director del Departamento de Estudios Económicos de Brookings, director adjunto de la Oficina de Gestión y Presupuestos, y ayudante adjunto del fiscal general en la División Antimonopolio del Departamento de Justicia norteamericano. Ha ejercido además la abogacía y ha sido asesor sobre diversas materias económicas y legales para instituciones de los sectores público y privado. Es autor o coautor de más de veinte libros y más de doscientos artículos sobre diversas cuestiones económicas, aunque principalmente sobre instituciones financieras y regulación, en revistas profesionales y publicaciones divulgativas.

Edward Lorenz, doctor en Economía por la University of Cambridge, es catedrático de Economía en la Université de Nice Sophia Antipolis y miembro de la unidad de investigación del CNRS, GREDEG. Ha ocupado diversos puestos de investigador asociado y honorario, como el de profesor visitante en la Aalborg Universitet (2003-2008). Sus investigaciones se centran en el análisis comparativo de la organización empresarial, las relaciones laborales y los sistemas de innovación, con especial énfasis en las naciones pertenecientes a la Unión Europea. El profesor Lorenz ha coescrito diversos volúmenes, como *How Europe's Economies Learn: Coordinating Competing Models* (con Bengt-Åake Lundvall, Oxford University Press, 2006) y *Knowledge, Learning and Routines* (con Nathalie Lazaric, Edward Elgar Press, 2003). Ha publicado numerosos artículos y capítulos de libros,

incluido, recientemente, «Accounting for Creativity in the European Union: A Multi-Level Analysis of Individual Competence, Labour Market Structure, and Systems of Education and Training» en *Cambridge Journal of Economics* (con Bengt-Åake Lundvall, 2010).

Francisco Louçã es doctor en Economía y profesor de Economía del ISEG, en la Universidade Técnica de Lisboa. Entre sus publicaciones se incluyen *As Time Goes By* (con Chris Freeman, Oxford University Press, 2002), un libro sobre los ciclos largos del desarrollo y la innovación en el capitalismo moderno; *Turbulence in Economics* (Elgar, 1997) y, recientemente, *The Years of High Econometrics - A Short History of the Generation that Changed Economics* (Routledge, 2007).

Bengt-Åke Lundvall, máster en Economía por la Universidad de Gotemburgo, es actualmente profesor de Economía en el Departamento de Estudios Empresariales de la Aalborg Universitet y, desde el 1 de octubre de 2007, es profesor invitado especial en Science Po (París). Entre 1992 y 1995 fue director adjunto del Consejo de Ciencia, Tecnología e Industria de la OCDE. Lundvall ha iniciado y coordinado redes como DRUID en Dinamarca, Cicalics en China y Globelics en el ámbito internacional. Es asesor sobre políticas de innovación en China, Francia, Dinamarca, Finlandia, Suecia, Noruega y los Países Bajos, y en organizaciones internacionales como UN-WIDER, CNUCYD, UNESCO, UNIDO, el Banco Mundial, la OCDE y, en 2009, la Comisión Europea. La Unión Europea lo ha nombrado embajador para el Año Europeo de la Creatividad y la Innovación. Sus libros más recientes son: *How Europe's Economies Learn* (con E. Lorenz, Oxford University Press, 2006), *Handbook on Innovation Systems in Developing Countries* (con C. Chaminade, K. J. Joseph y J. Vang Lauridsen, Elgar, 2009) y *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning* (Anthem, 2010).

Tod Machover ha sido denominado «el compositor más conectado de América» por *Los Angeles Times* y es conocido por crear música que rompe las fronteras artísticas y culturales tradicionales. También lo es por inventar nuevas tecnologías para la música, como sus hiperinstrumentos, que potencian la expresión musical para todos, desde virtuosos como Yo-Yo Ma y Prince

hasta los jugadores de *Guitar Hero*, que nació en su laboratorio. Machover es profesor de Música y Medios y director del grupo Opera of the Future en el MIT Media Lab. Hace poco puso en marcha en el MIT el grupo Music, Mind and Health (Música, mente y salud) para desarrollar actividades musicales dirigidas a mejorar considerablemente diversas afecciones médicas y a aumentar la agudeza mental y física a lo largo de la vida. Machover es conocido, sobre todo, por la creatividad radical de sus óperas. La más reciente —la robótica *Death and the Powers*— se estrenó en Mónaco en el otoño de 2010 en presencia del príncipe Alberto II y recorrerá Estados Unidos en una gira en la primavera de 2011.

Ernesto C. Martínez Villalpando prepara su doctorado y forma parte del grupo de investigación de Biomecatrónica del MIT Media Lab. Obtuvo el Master of Science por el MIT en 2006 y estudio Ingeniería Electrónica en la Universidad Panamericana de México. Su investigación actual se centra en el desarrollo de prótesis biomiméticas que faciliten la locomoción de las personas que han sufrido una amputación. Su objetivo es usar esas tecnologías biomédicas para comprender los principios de la integración hombre-máquina. En el MIT colaboró en el desarrollo de la primera prótesis eléctrica de tobillo-pie y actualmente lidera los trabajos para desarrollar una nueva prótesis activa de rodilla. Antes de su trabajo de posgrado en el MIT fue investigador y profesor de ingeniería en la Universidad Panamericana de México, en el área de mecatrónica y robótica.

Ian Miles es profesor de Innovación Tecnológica y Cambio Social en el Manchester Institute of Innovation Research de la Manchester Business School (Manchester University) y codirector del Centre for Service Research. Antes, trabajó en la Science Policy Research Unit de la University of Sussex.

Buena parte de su trabajo se ha centrado en los estudios sobre innovación, en los servicios empresariales que hacen un uso intensivo del conocimiento y en los aspectos sociales de la tecnología de la información. Otra área de su actividad estrechamente relacionada con las anteriores es la previsión social y tecnológica. Estos estudios y otros trabajos sobre evaluación de la investigación e indicadores sociales tienen relación con la creación de políticas para la innovación y el análisis de esas políticas.

Sus publicaciones incluyen unos veinte libros escritos o coescritos por él y más de doscientos artículos para revistas y capítulos de libros.

Entre sus estudios recientes sobre los servicios se incluye el trabajo sobre los vínculos de los servicios con las universidades, las iniciativas de I+D en los servicios, las destrezas requeridas por los servicios que hacen un uso intensivo del conocimiento y la productividad de los servicios, así como una guía para la evaluación de los programas de innovación y el desarrollo de escenarios en diversos estudios de previsión.

Manuel Mira Godinho es catedrático de Economía en el ISEG, la Escuela de Economía y Negocios de la Universidade Técnica de Lisboa. Ha enseñado e investigado en las áreas de las políticas sobre ciencia y tecnología, la economía de la innovación, la convergencia entre regiones y la propiedad intelectual. Ha coordinado varios programas de posgrado en esas áreas, por ejemplo, la serie de ponencias sobre sistemas de innovación y desarrollo de la Escuela de Posgrado de Globelics. Ha sido autor o coautor de varios libros, capítulos de libros y artículos científicos publicados en revistas como *Research Policy*, *Scientometrics*, *Research Evaluation* y *Economics of Innovation and New Technology*. Obtuvo un doctorado en la SPRU de la Universidad de Sussex en 1995 y un máster del Imperial College de la London University en 1986.

Frank Moss, licenciado en Ciencias Aeroespaciales y Mecánicas por la Princeton University, tiene un máster y un doctorado en Aeronáutica y Astronáutica por el MIT. Emprendedor y veterano con más de treinta años de experiencia en los sectores del software y los ordenadores, Frank Moss se incorporó al MIT Media Lab como director en 2006 con el objetivo de realizar una mayor contribución al mundo empleando la tecnología para abordar cuestiones sociales apremiantes. Como director del grupo de investigación New Media Medicine (Medicina de los nuevos medios) del Lab, centra su trabajo en la integración de las tecnologías de la información en la sanidad para redefinir radicalmente la atención sanitaria y ayudar a los pacientes. Moss llegó al Media Lab desde Infinity Pharmaceuticals, Inc., una empresa de la que fue confundador y a cuyo consejo de administración sigue perteneciendo. Antes fue presidente y director general de Tivoli Systems, Inc., una compañía pionera en el campo de la gestión de sistemas

distribuidos que salió a bolsa en 1995 y que posteriormente se fusionó con IBM en 1996. Moss forma parte además del consejo de administración de la Princeton University (<http://www.media.mit.edu/people/fmoss>).

David Mowery, doctor en Economía por la Stanford University, ocupa la cátedra William A. and Betty H. Hasler de Nuevo Desarrollo Empresarial en la Walter A. Haas School of Business de la University of California en Berkeley y es investigador adjunto del National Bureau of Economic Research. El doctor Mowery ha impartido clases en la Carnegie Mellon University y fue director de estudio del Panel sobre Tecnología y Empleo de la National Academy of Sciences. Además, trabajó para la Oficina del Representante Comercial de Estados Unidos (USTR) y participó en el programa International Affairs del Council on Foreign Relations. Ha sido miembro de diversos paneles del National Research Council y en 2003 y 2004 ocupó la plaza de investigación Marvin Bower en la Harvard Business School. Sus investigaciones versan sobre la economía de la innovación tecnológica y los efectos de las políticas públicas en la innovación. Ha testificado ante comités del Congreso y ha sido asesor de la OCDE, así como de diversos organismos federales y firmas industriales. Mowery ha publicado numerosos artículos académicos y ha escrito o coescrito diversos libros, como *Oxford Handbook of Innovation*; *Innovation, Path Dependency and Policy*; *Innovation in Global Industries*; *Ivory Tower and Industrial Innovation: University-Industry Technology Transfer Before and After the Bayh-Dole Act* y *Paths of Innovation: Technological Change in 20th-Century America*. Entre sus reconocimientos académicos se incluyen el premio Raymond Vernon de la Association for Public Policy Analysis and Management, el galardón Fritz Redlich de la Economic History Association, el premio Newcomen de *Business History Review* y el Cheit Outstanding Teaching Award.

Nashid Nabian tiene un máster en Ingeniería Arquitectónica de la Universidad Shahid Beheshti y un máster en Diseño Urbano de la University of Toronto, donde recibió el premio de la Toronto Association of Young Architects. Desde 2003, es socia de Arsh Design Studio, un estudio de arquitectura con sede en Teherán reconocido por sus proyectos tanto en el ámbito nacional como en el internacional. Tiene un doctorado en Diseño de la Harvard Graduate School of Design. La investigación de

Nashid se centra principalmente en el aumento digital de la arquitectura y los paisajes construidos, en particular los espacios públicos, y en el impacto que las nuevas tecnologías pueden tener en la experiencia espacial al registrar las necesidades y los deseos de los habitantes y los usuarios. Ha impartido seminarios para licenciados y cursos de estudio de diseño en las universidades de Toronto y Rice y en el Massachusetts Institute of Technology. Sus investigaciones se han presentado en diversos congresos, como ACADIA, IEEE Digital Ecosystems Conference, UCMedia Conference on User-Centric Media o Mobile Multimedia Communications Conference, y en otros contextos como el evento anual Nuit Blanche de Toronto, el festival DesCours del American Institute of Architects celebrado en Nueva Orleans y la publicación *SEED Magazine*. En la actualidad, es investigadora posdoctoral en el MIT SENSEable City Lab y profesora del Departamento de Arquitectura de la Harvard Graduate School of Design.

Alex «Sandy» Pentland, doctorado por el MIT, dirige el Human Dynamics Laboratory del MIT y el programa para emprendedores del MIT Media Lab y es asesor del Foro Económico Mundial, de Nissan Motor Corporation y de diversas firmas de reciente creación. Antes de eso, ayudó a crear y dirigir el MIT Media Laboratory, los laboratorios Media Lab Asia del grupo Indian Institutes of Technology y el Center for Future Health del Strong Hospital. Se han incluido perfiles de Sandy en numerosas publicaciones, como el *New York Times*, *Forbes*, *Harvard Business Review*, *Newsweek*, *Caring Magazine (Hospice)* y *Odyssey Magazine (Children)*. Su libro más reciente es *Honest Signals*, publicado por The MIT Press. Es uno de los científicos computacionales más citados del mundo y un pionero en los ámbitos de la ciencia social computacional, la ingeniería organizacional, la computación móvil, la comprensión de la imagen y la biométrica moderna. Sus investigaciones han aparecido en *Nature*, *Science*, el Foro Económico Mundial, *Harvard Business Review*, *Newsweek*, el *New York Times*, *Vogue*, *O Magazine* y *National Enquirer*, y ha intervenido además en decenas de espacios televisivos como *Nova* y *Scientific American Frontiers*.

Carlo Ratti, arquitecto e ingeniero, tiene un estudio en Italia e imparte clases en el Massachusetts Institute of Technology, donde dirige el SENSEable City Lab. Se licenció en el Politecnico di Torino y en la École Nationale des Ponts et

Chaussées de Paris, y completó su formación con un máster y un doctorado en la University of Cambridge (Reino Unido). Ratti ha sido coautor de más de cien artículos científicos y es titular de varias patentes. Su obra se ha expuesto en todo el mundo en lugares como la Bienal de Venecia, el Museo de Diseño de Barcelona, el Science Museum de Londres, la fundación GAFTA de San Francisco y el Museum of Modern Art de Nueva York. Su proyecto *Digital Water Pavilion*, construido en la Exposición Internacional de 2008, fue considerado por la revista *Time Magazine* uno de los mejores inventos del año. Ha sido incluido en la lista Best and Brightest de *Esquire Magazine* y en la selección «25 People who will Change the World of Design» de la publicación *Blueprint Magazine*. Recientemente ha sido el primer participante en el programa Innovator in Residence de Queensland (Australia).

Nathan Rosenberg es profesor emérito Fairleigh S. Dickinson Jr. de Política Pública del Departamento de Economía de la Stanford University. Estudió en las universidades de Rutgers, Wisconsin y Oxford. Ha publicado, entre otros libros, *The American System of Manufactures, Perspectives on Technology, Inside the Black Box, Technology and the Pursuit of Economic Growth* (con David Mowery), *How the West Grew Rich* (con L. E. Birdzell, Jr.), *Exploring the Black Box, The Emergence of Economic Ideas, Schumpeter and the Endogeneity of Technology: Some American Perspectives, Paths of Innovation: Technological Change in 20th-Century America* (con David Mowery).

Rosenberg ha sido catedrático del Departamento Económico de Stanford. Es miembro de la junta directiva del National Bureau of Economic Research, presidente del consejo asesor del UN Institute for New Technology e investigador del Canadian Institute for Advanced Research. Es miembro electo de la American Academy of Arts and Sciences y de la Real Academia Sueca de Ciencias de la Ingeniería. Es doctor honoris causa por las universidades de Lund y Bolonia.

Edward S. Rubin, doctor por la Stanford University, es profesor de los departamentos de Ingeniería y Política Pública y de Ingeniería Mecánica de la Carnegie Mellon University. Ocupa la cátedra Alumni Professor de Ingeniería Medioambiental y Ciencia y fue director fundador del Center for Energy and Environmental Studies y el Environmental Institute de la universidad. Es miembro de la ASME

y ha recibido el premio Lyman A. Ripperton de la AWMA por sus excepcionales logros como educador, además del galardón Distinguished Professor of Engineering de Carnegie Mellon. Forma parte de diversos comités de asesoramiento de organismos gubernamentales y fue autor principal y coordinador del informe especial de 2005 sobre captura y almacenamiento de dióxido de carbono publicado por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), uno de los receptores del premio Nobel de la Paz de 2007.

Takanori Shibata, doctor en Electrónica e Ingeniería Mecánica por la Universidad de Nagoya, es uno de los investigadores sénior del Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología Industrial Avanzada de Japón y ha sido también investigador del Artificial Intelligence Lab del MIT e investigador invitado del Laboratorio de Inteligencia Artificial de la Universidad de Zúrich. Fue director adjunto de Política sobre Tecnología de la Información y la Comunicación en el Departamento de Ciencia, Tecnología y Políticas de Innovación del gobierno japonés en 2009 y 2010. Sus investigaciones abordan temas como la interacción entre robots y humanos, la terapia robótica y la retirada de minas humanitaria. En 2002 entró en los récords Guinness como inventor de un robot-foca llamado Paro y considerado el robot más terapéutico del mundo. Entre sus reconocimientos se incluyen el premio Robot del Año del Ministerio de Economía, Comercio e Industria japonés, el premio Outstanding Young Person in the World de Junior Chamber International y el galardón concedido por el primer ministro japonés.

Pascal Soboll, director del estudio de Ideo en Múnich, trabaja con los clientes para detectar y aprovechar las oportunidades de crecimiento. Ayuda a grandes empresas como P&G, Daimler y BBVA a diseñar sus estrategias y las guía desde la fase de definición del concepto hasta la implementación. Le interesan en especial las áreas de la energía y la movilidad, donde la tecnología, las necesidades humanas y la sostenibilidad se combinan abriendo nuevos caminos hacia el futuro.

Pascal trabajó para Ideo en Estados Unidos y en el Reino Unido antes de regresar a su Alemania natal. Previamente realizó investigación científica para Daimler y la Stanford University y fue diseñador de coches para GM/Opel. Además de su diploma en Física Teórica, tiene un máster en Ingeniería (diseño de productos) de Stanford.

Fanático confeso de los coches, su colección de prototipos de automóviles se ha reducido en los últimos tiempos de forma inversamente proporcional a su familia, que va en aumento.

Sander E. van der Leeuw, doctor por la Amsterdam Universiteit, 1976, se formó como arqueólogo e historiador y ha enseñado en Leiden, Ámsterdam, Cambridge (Reino Unido) y París.

Sus investigaciones se centran principalmente en el estudio de la dinámica socioambiental, aunque también ha contribuido a la reconstrucción de las tecnologías antiguas y ha estudiado las relaciones regionales entre el hombre y la tierra (antiguas y modernas), los sistemas de información geográfica (GIS) y la creación de modelos. Desde 1981 trabaja en diversas formas de aplicar la teoría de los sistemas complejos en todos esos ámbitos. Entre 1992 y 1999 coordinó una serie de importantes proyectos de investigación financiados por la Unión Europea y centrados en los problemas socioambientales modernos del sur de Europa. Actualmente participa en la aplicación de los métodos de los sistemas complejos al estudio de la invención y la innovación en Estados Unidos y Europa con fondos de la Marion Ewing Kauffman Foundation y de la Dirección General de Tecnologías de la Información y la Comunicación de la Comisión Europea.

Desde finales de 2003, es profesor de Antropología en la Arizona University y director de la Escuela de Evolución Humana y Cambio Social, una unidad interdisciplinar que combina la ciencia social con las cuestiones medioambientales y de sostenibilidad. Desde el 1 de julio de 2010 ocupa además el puesto de decano de la Escuela de Sostenibilidad de la Arizona State University.

Joaquim Vilá, doctor en Dirección Estratégica por la University of Pennsylvania, es profesor de Dirección Estratégica e Innovación y director académico de Programas Ejecutivos sobre Dirección de la Innovación en IESE Business School.

Asesor en la implantación de enfoques y sistemáticas de dirección para fomentar la innovación en múltiples empresas de sectores distintos, tanto industriales como de servicios es miembro de *advisory boards e innovation councils* en empresas punteras.

Es cofundador de tres empresas que ofrecen servicios en ámbitos diversos para promover la innovación (Soft4CRIT-CRITflow, Estratègia i Organització, y Total Business Innovation)

y ponente habitual en temas de innovación en programas de formación de directivos, programas *in-company* para empresas avanzadas y foros internacionales.

Sus publicaciones se centran en cómo promover una Innovación amplia, robusta y sistemática (Business Innovation), el desarrollo de competencias innovadoras en equipos de dirección, y en cómo hacer relevante una estrategia innovadora a los directivos medios para que la impulsen y se implante con éxito.

Xavier Vives es profesor de Economía y Finanzas, titular de la cátedra Abertis y director académico del Centro Sector Público-Sector Privado de IESE Business School. Es doctor en Economía por la University of California, Berkeley, y ha sido profesor de IAE-CSIC, ICREA-UPF, INSEAD, y de las universidades de Harvard, New York y Pennsylvania. Es Fellow de la Econometric Society y de la European Economic Association, miembro del Economic Advisory Group on Competition Policy de la Comisión Europea, y del European Economic Advisory Group en CESifo. Ha sido Director del programa de Economía Industrial del Center for Economic Policy Research y director del *Journal of the European Economic Association*. Es autor de numerosos artículos en revistas internacionales y de varios libros, el más reciente *Information and Learning in Markets*. A lo largo de su trayectoria profesional ha recibido diversas distinciones, entre ellas la beca European Research Council Advanced (2008).

Eric von Hippel, doctor en Innovación de la Carnegie Mellon University, ocupa la cátedra T. Wilson de Gestión de la Innovación y es también profesor de Sistemas de Ingeniería en el MIT. Es conocido por sus investigaciones sobre las fuentes de innovación. En su opinión, el desarrollo de productos se está desplazando rápidamente de los fabricantes de productos a los *usuarios líderes* de productos en la era de Internet. El veloz crecimiento de la innovación impulsada por los usuarios líderes exige cambios drásticos en los modelos empresariales y en la creación de políticas gubernamentales. El nuevo libro de von Hippel, *Democratizing Innovation* (2005), explica la innovación centrada en el usuario y el modo en que las compañías y las naciones pueden adaptarse y obtener beneficios. Este libro se puede descargar sin coste a través de Internet en <http://mit.edu/evhippel/www/books.htm>.

Harry West, pilota la orientación estratégica y el crecimiento mundial de Continuum. Es un profesional de la innovación con mucha experiencia en captar clientes, entender a los consumidores mundiales y diseñar innovación. Viaja y aprende continuamente para mantenerse en contacto con las necesidades reales de este mundo en constante transformación.

Harry West ha trabajado con una amplia variedad de marcas de un extenso abanico de sectores, incluidas American Express, Andersen Windows, AstraZeneca, BBVA, BMW, Fidelity, Master Lock, Procter & Gamble y Sprint. En P&G dirigió los equipos que participaron en la creación de Swiffer® y ThermaCare® y el nuevo lenguaje de diseño de los pañales Pampers. Bajo su liderazgo, sus equipos han recibido los premios Idea, ID y Red Dot y han registrado numerosas patentes de diseño y de utilidad.

West lleva dieciséis años en Continuum y fue nombrado director general en 2009. Antes de incorporarse a la empresa, era profesor adjunto de Ingeniería Mecánica en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), donde impartía clases de diseño y de control.

Queremos agradecer su colaboración a las siguientes personas: Coloma Casaus; Fake Design, Ragna van Doorn; Galerie Chantal Crousel, Lara Blanchy; Galerie Urs Meile, Karin Seiz; Gladstone Gallery, Sascha Crasnow; Hauser & Wirth, Maria de Lamerens; IVAM Institut Valencià d'Art Modern, María Casanova, Mercedes Lerma; Kapoor Studio, Clare Chapman; Luise Kaunert; Joyce Lai; Eva Mendo; Marian Goodman Gallery, Catherine Belloy, Carole Billy; MIT Museum, Claire Calcagno; Marga Paz; Taller Fontcuberta, Mar Sorribas Roca; The Institute of Contemporary Art, Boston, Colette Randall, y Wingate Studio, Peter Pettengill.

Edición

BBVA

Dirección y coordinación del proyecto

Adjunto al Presidente BBVA.

Area de Comunicación y marca BBVA

Textos

Curtis R. Carlson, Alfonso Gambardella, Hugh Herr, Hiroyuki Itami, Alice Lam, Robert E. Litan, Edward Lorenz, Francisco Louçã, Bengt-Åke Lundvall, Tod Machover, Ernesto Martínez-Villalpando, Ian Miles, Manuel Mira Godinho, Frank Moss, David Mowery, Nashid Nabian, Alex Pentland, Carlo Ratti, Nathan Rosenberg, Edward S. Rubin, Takanori Shibata, Pascal Soboll, Sander E. van der Leeuw, Joaquim Vila, Xavier Vives, Eric von Hippel y Harry West.

Coordinación de la edición

Tf. Editores

Diseño gráfico

Juan Antonio Moreno. Tf Media

Traducciones

Polisemia

Edición de textos

Tf Editores

Documentación

Mercedes Abstengo

Preimpresión

Cromotex

Impresión

Tf Artes Gráficas

Encuadernación

Ramos

© de la edición, BBVA 2010

© de los textos, sus respectivos autores, 2010

Del texto de Curtis R. Carlson, © SRI International 2010

© de las imágenes

Jon McCormack 2010, imagen de cubierta

Pipilotti Rist. Cortesía de la artista y Hauser & Wirth. Foto:

Stefan Altenburger Photography Zürich, p. 22

Dennis Ashbaugh. Foto: Wingate Studio, p. 32

Aetherbits.net (Mariela Cádiz/Kent Clelland), pp. 54-55

Daniel Canogar. VEGAP. Madrid 2010, pp. 70-71 y 82-83

Philip Beesley, pp. 104-105, 128 y 160-161

Aetherbits.net (Mariela Cádiz/Kent Clelland) / Creative

Commons 2010, pp. 178-179

Chico MacMurtrie/Amorphic Robot Works, Nueva York.

Foto: Luise Kaunert, París, pp. 198, y 208-209

Ai Weiwei, 2010, p. 228

José Manuel Ballester, p. 240

Gabriel Orozco. Foto: Florian Kleinfenn. Cortesía Galerie

Chantal Crousel, p. 254

Pierre Huyghe. Cortesía Galerie Marian Goodman, París/
Nueva York, p. 268

Harold E. Edgerton © MIT 2010. Cortesía MIT Museum,
p. 304

Eduardo Kac. Foto: IVAM. Institut Valencià d'Art Modern,
pp. 320-321

Joan Fontcuberta. VEGAP. Madrid, 2010, pp. 330-331 y 350

Daniel Palacios, pp. 364-366

Anish Kapoor. Cortesía de la ciudad de Chicago y la

Gladstone Gallery de Nueva York. Foto: Walter Mitchell,
pp. 380-381

Jonathan Williams, pp. 398 y 405

En cubierta: *Eden* (2004-2008) de Jon McCormack

Depósito legal: M-51580-2010

Impreso en España