

Técnica, Tecnología, Investigación y Desarrollo e Innovación*

Durante miles de años, la humanidad ha participado en una forma u otra de desarrollo tecnológico. Sus efectos abarcan todas las regiones y todos los aspectos de la vida humana. Excepto quizás en los lugares más remotos del planeta, es probable que nadie sea capaz de afirmar que no ha recibido la influencia de la investigación moderna, la ciencia y la tecnología; aun cuando se trate de un carnicero, un pastelero o un fabricante de candelabros.

Técnica. Si aplicamos el término en el sentido de procedimiento, se refiere "al conocimiento y dominio de las reglas y prácticas de una actividad". Como tal, no está limitado a actividades de naturaleza científica, (por ejemplo, la técnica para conducir de un piloto de automóviles de carreras o las técnicas amorosas de Don Juan). Sin embargo, si se aplica en el contexto de una actividad o campo, "Técnica" se refiere también a "las medidas, procesos e instalaciones que se utilizan en el control y explotación de las leyes naturales, la energía y los recursos".

Tecnología. La tecnología no es una ciencia en sí misma, sino sólo "*la aplicación práctica* de las posibilidades científicas o técnicas para lograr las características de desempeño en los productos y procesos". No existe una uniformidad en las definiciones. La enciclopedia Brockhaus ofrece una segunda definición de tecnología: "el estudio y aplicación de procesos de producción técnicos". Después de cambiar su significado original de "una disertación sobre las artes" (tanto las bellas artes, como el trabajo manual), a mediados del siglo XX llegó a incluir "medios o actividades a través de los cuales el hombre busca cambiar o manipular su medio ambiente".

Investigación y desarrollo

De acuerdo a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), *Investigación y desarrollo experimental* se definen de la siguiente manera:

"El trabajo creativo que se lleva a cabo sistemáticamente a fin de aumentar los conocimientos, incluyendo el conocimiento del hombre, la cultura y la sociedad, así como el uso de esta riqueza para idear nuevas aplicaciones."

A primera vista, esta definición parece estar dividida en dos: por una parte, la expansión del conocimiento y, por la otra, la aplicación de este conocimiento. Sin embargo, la OCDE divide el término investigación y desarrollo experimental en tres partes: *investigación básica*, *investigación aplicada* y *desarrollo experimental*, donde:

La investigación básica se define como:

"Trabajo experimental o teórico que se lleva a cabo sobre todo para adquirir nuevos conocimientos sobre las bases subyacentes de los fenómenos y hechos observables sin ninguna aplicación ni uso particular aparente."

La investigación aplicada se define como:

"Investigación original que se lleva a cabo a fin de adquirir nuevos conocimientos dirigidos principalmente hacia un área u objetivo práctico específico."

Por último, el desarrollo experimental es:

* Christoph-Friedrich von Braun, "INNOVACIÓN INDUSTRIAL, Investigación y desarrollo: las armas de los 90," *Prentice Hall Hispanoamericana, S.A.*, (1997).

"Trabajo sistemático que se basa en los conocimientos existentes adquiridos a través la investigación o experiencia práctica y está dirigido a la elaboración de nuevos materiales, productos y aparatos, la instalación de nuevos procesos, sistemas y servicios, y el mejoramiento sustancial de aquellos ya producidos e instalados."

En tanto que en principio, estas diferencias se aceptan en todos los países industrializados occidentales (en los que se financia y dirige la mayor parte de las actividades de investigación y desarrollo), ofrecen un amplio espectro para su interpretación. Por una parte, existen algunos tipos genéricos de actividades de investigación y desarrollo que son difíciles de incluir en alguna de las categorías mencionadas. El desarrollo de software es un ejemplo. Por otra parte, los problemas de definición se presentan también en los casos individuales. Por ejemplo, la fabricación del prototipo de un nuevo aparato se consideraría un desarrollo experimental en una compañía, mientras que en otra, se clasificaría como una preproducción e incluso una producción. También puede ocurrir que los objetivos de un proyecto, que en un principio se consideraban parte de la investigación básica, tal vez cambien en el transcurso del trabajo, alterando de esta manera el carácter del proyecto.

Por estas razones, no es sorprendente que reine la confusión incluso en lugares donde se espera cierta cantidad de competencia en relación con esas cuestiones. Por ejemplo, en 1992, la oficina de Ciencia y Tecnología Industrial, afiliada al Ministerio Japonés de Comercio e Industria Internacionales anunció un amplio "Programa de Investigación Básica" en seis áreas poco conocidas, entre éstas la tecnología de los femtosegundos ($1 \text{ femtosegundo} = 1 \times 10^{-15} \text{ segundos}$). En el mismo anuncio, este organismo se contradijo pues mencionó aplicaciones en las que los conocimientos obtenidos de esta Investigación "básica" tendrían un uso comercial (por ejemplo, en la comunicación y la tecnología de medición). Como dijimos antes, la Investigación que tiene un objetivo de aplicación práctica no es Investigación básica.

Desde luego, existen varias propuestas para alejarse de esta división de las actividades de investigación y desarrollo orientada hacia los objetivos y concentrarse en los límites entre la ciencia y la tecnología. Una sugerencia es no enfocarse en las *intenciones* de los investigadores e Instituciones que participan, sino en los *resultados* que se logran. De esta manera, si el resultado de un proyecto de investigación y desarrollo es el conocimiento, es decir, algo que debe publicarse para lograr su reconocimiento, es ciencia y/o investigación. Por otra parte, si el resultado es un objeto, es decir, una reacción química o un proceso técnico, algo que sea posible comprar y vender, se crea "tecnología".

A primera vista, parece ser una diferenciación muy útil. Sin embargo, en la práctica, también presenta algunas dificultades. Simplemente, no siempre es posible una separación clara entre ciencia y tecnología. Por ejemplo, ¿por qué un proyecto de investigación y desarrollo no debe concluir con una patente (es decir, tecnología) y un artículo en una revista científica ¿(es decir, ciencia)? Independientemente de esto, la diferenciación supone que siempre *habrá* un resultado.

A pesar de esto, la diferenciación es útil en un sentido, introduce los *aspectos económicos*. Es preciso tener en mente que, en la actualidad, muy pocas actividades de investigación se llevan a cabo con el único objetivo de ampliar el horizonte del conocimiento humano. En un sentido extenso, esto funciona para áreas como la astrofísica, y sólo por la sencilla razón de que los objetos en observación todavía no están al alcance de la tecnología. Para dar un ejemplo, se supone que hasta el momento nadie ha pensado en serio en el uso de un agujero negro como arma ni para otros propósitos (por ejemplo, la eliminación de desechos radioactivos). De modo que la búsqueda de conocimientos puros sin ningún objetivo práctico quizá todavía sea posible.

En la mayor parte de los casos, una intención relativamente concreta se encuentra detrás de todos y cada uno de los proyectos de investigación y desarrollo; desde luego, el caso más frecuente es la intención de una compañía de aumentar las ganancias o superar a la competencia con la introducción de un nuevo producto. Pero la intención quizá sea que el gobierno desee asegurar el bienestar a

largo plazo del país mediante la creación de empleos tecnológicos avanzados o el mejoramiento del hardware militar del estado. Cualquiera que sea la situación, los gastos en dichos proyectos de investigación y desarrollo orientados hacia una aplicación siempre deberán estar relacionados con algún producto correspondiente, ya sea en forma monetaria o no. Por lo tanto, en lo que respecta a la industria, se esperaría que los recursos de investigación y desarrollo sólo estén disponibles en caso de existir una probabilidad creíble de que condujeran a una o más innovaciones benéficas.

Resumiendo, se pueden mencionar las siguientes reglas generales simplificadas, pero convenientes:

- La investigación es la transformación del dinero en conocimiento.
- La tecnología es la transformación del conocimiento en dinero (u otras unidades útiles).

El proceso de innovación

El proceso de innovación se puede resumir en el ciclo que mostramos en la Figura 1. De acuerdo con éste, la investigación básica. En circunstancias normales, está dirigida a cierta área de interés definida en forma vaga, y produce conocimientos que, al menos en términos generales, se relacionan con los problemas y dudas de determinadas industrias. Por ejemplo, un científico que investiga los fenómenos magnéticos sabe por lo menos que sus descubrimientos tienen ramificaciones para las industrias como la comunicación o el procesamiento de datos, en las que la rapidez del cambio es relevante. La investigación aplicada transforma el conocimiento adquirido en la investigación básica hasta el punto de utilizarlo para la solución de problemas técnicos específicos. Por último, durante la experimentación, se siguen los pasos que se requieren para convertir en realidad el nuevo proceso o producto. Tiene lugar un invento¹. Conforme continúa el proceso, el área en observación se vuelve cada vez más limitada y el compromiso de la mano de obra y los recursos se enfoca más hacia la innovación. Al final del proceso, se encuentran la innovación y el mercado que determina el éxito comercial de ésta y, a su vez, genera los recursos para el desarrollo de productos y procesos futuros.

El proceso descrito en la Figura 1 es demasiado sencillo pero es ilustrativo; la realidad es un poco más complicada. Por ejemplo, una nueva pieza de conocimiento científico no siempre genera una innovación, probablemente sólo una pequeña fracción de las innovaciones surge de un brote científico o de nuevas tecnologías. Por otra parte, lo opuesto tampoco es siempre cierto, es decir, que la demanda de un mejor desempeño tecnológico estimulará las innovaciones. Desde luego, los mercados tal vez expresen ciertas necesidades y pongan en marcha esfuerzos de investigación y desarrollo que tienen como objetivo la creación de un nuevo producto para satisfacer la demanda. Un

¹ Por ejemplo, una notificación interna de Siemens AG que data del 22 de agosto de 1944, sobre las diferencias básicas entre la investigación y el desarrollo, afirma:

El objetivo del "desarrollo" es un dispositivo o la aplicación de un dispositivo para el que ya exista la base de conocimientos requerida. *De modo que, cualquier desarrollo se basa en la actividad de investigación realizada tiempo atrás.*

La meta de la 'Investigación' es un objeto que es básico pero desconocido, algo que existe como una idea más o menos vaga, como una consecuencia por comprobar de una ley natural o como un concepto que la mente de un investigador debe tratar de explicar.

La 'investigación aplicada' ('Zweckforschung') difiere de la investigación general; para decirlo de otra manera, constituye un subconjunto especial y delimitable de la investigación general, cuyo propósito es la identificación de una utilidad todavía desconocida de un fenómeno o proceso que se comprende en forma básica para un propósito deseado o una aplicación determinada.

El resultado de la investigación (general) exitosa es el aumento del conocimiento susceptible de emplearse, por ejemplo, en la investigación aplicada o directamente para un desarrollo determinado.

El resultado de la Investigación aplicada exitosa es el desarrollo técnico de un dispositivo o la aplicación de un dispositivo con un propósito técnico.

tratamiento para el virus del sida sería un ejemplo vivo de esto. En este caso, el deseo de una solución a un problema mundial y urgente es evidente.

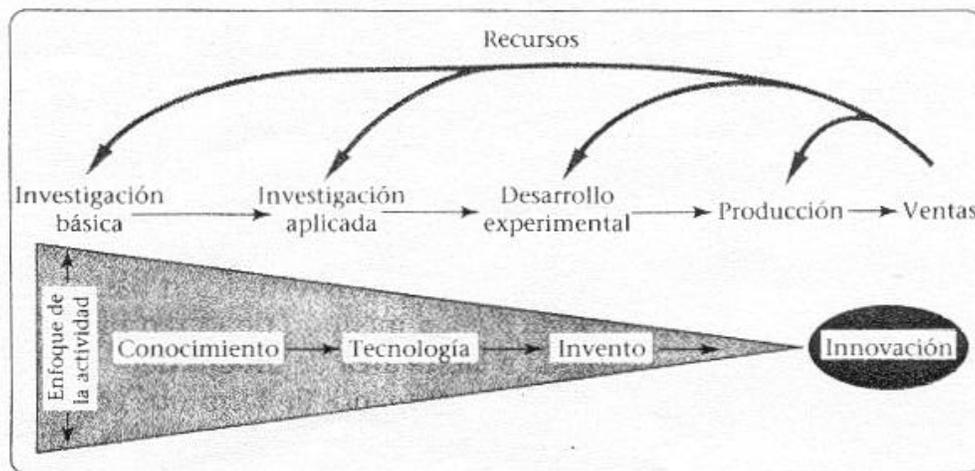


Figura 1 Modelo sencillo del proceso de innovación.

Sólo cuando un nuevo producto se define lo suficiente y cuando sus características se conocen bien o se cree que se conocen (en el caso de un producto farmacéutico, por ejemplo, el índice de éxito, precio, efectos secundarios, seguridad, etcétera), surgirá cualquier demanda. Hablando en forma estricta, antes de este punto sólo es posible hacer suposiciones más o menos justificadas de un mercado futuro para un producto potencial. Como señaló Lawrence Ellison, director general de Oracle Corp.: "Si va a la cabeza del juego, si ofreces una tecnología antes que todos los demás, por definición, no hay mercado." En esas situaciones, a menudo es difícil determinar la importancia de una innovación desde la perspectiva del cliente e incluso del proveedor. Por ejemplo, es difícil juzgar la utilidad de un teléfono para un usuario potencial, si nunca se ha servido de uno. Así, la gran variedad de aplicaciones de la computadora sobrepasan con mucho aquello que Steve Jobs y Stephen Wozniak tenían en mente en 1976, cuando armaron la primera computadora Apple para uso casero. Es evidente que las innovaciones técnicas y científicas para las que, en un principio, no hay un mercado definido, a menudo dan como resultado el estímulo de estructuras de la demanda muy específicas y totalmente inesperadas. De hecho, al repasar la historia de la tecnología, es sorprendente que la dispersión de una tecnología nueva no sólo sea lenta, sino muy incierta incluso después de imaginar sus primeras aplicaciones comerciales. El camino que lleva del descubrimiento científico a la aplicación técnica práctica a menudo está lleno de retrasos prolongados y lleva a un callejón sin salida. Se ha dicho, por ejemplo, "que la mayor parte de los avances (actuales) en el estado del arte tecnológico se base en avances no más recientes que la ley de Ohm (1827) o las ecuaciones de Maxwell (1873)". Existen numerosos ejemplos de la forma en que el trabajo de aplicación práctica por parte de técnicos e ingenieros ha permitido que la investigación científica *posterior* explique fenómenos previamente descubiertos. En nuestros automóviles, por ejemplo, hemos utilizado motores de alto rendimiento durante décadas sin comprender en realidad los procesos de combustión que los hacen funcionar. Cualquier investigación fundamental en esta dirección es muy reciente y es probable que no haya tenido lugar por la energía y la conciencia ambiental de las dos últimas décadas. Algo similar sucede con la aviación. Desde el principio, la tecnología de la aviación estuvo en manos de prácticos como Otto Lilienthal (1848-1896), quien trabajó con pasión, intuición y cada vez más experiencia, pero que no contaba con bases académicas ni teóricas de una "ciencia de volar". Orville y Wilbur Wright (1871-1948 y 1867-1912, respectivamente) tampoco eran teóricos del vuelo, sino mecánicos de bicicletas.

Por todo lo anterior, es evidente que el proceso de innovación tal vez surja de muchas fuentes. Una chispa inicial

- tal vez surja del conocimiento científico
- o del reconocimiento de la necesidad de productos o procesos nuevos o mejorados
- o quizá sea el resultado de un descubrimiento técnico que presenta características específicas de una tecnología económicamente atractiva en una o más áreas de aplicación.

La investigación y desarrollo no es necesariamente una fuente de ideas ingeniosas, sino una forma de solucionar los problemas, a la cual recurrir en cualquier punto del proceso de innovación. De este modo, la investigación se convierte en un "proceso adjunto a la innovación, no una condición previa para ésta." Esto se hace más evidente al observar la interrelación entre las tres fuerzas motoras del proceso de innovación que se presentan en la Figura 2.

- La ciencia explica los fenómenos y crea nuevos conocimientos, abriendo así nuevos potenciales tecnológicos.
- *La tecnología*, por una parte, apoya a la ciencia indicando los fenómenos inexplicables o revelando las fronteras del conocimiento actual. Por otra parte, reacciona ante las señales de la demanda del mercado mejorando los productos o procesos existentes o creando otros nuevos.
- *El mercado* formula emite las señales de la demanda a través de las características del desempeño económico y técnico por las que los compradores están preparados a pagar un precio determinado, o de las cuales se percibe una necesidad específica.

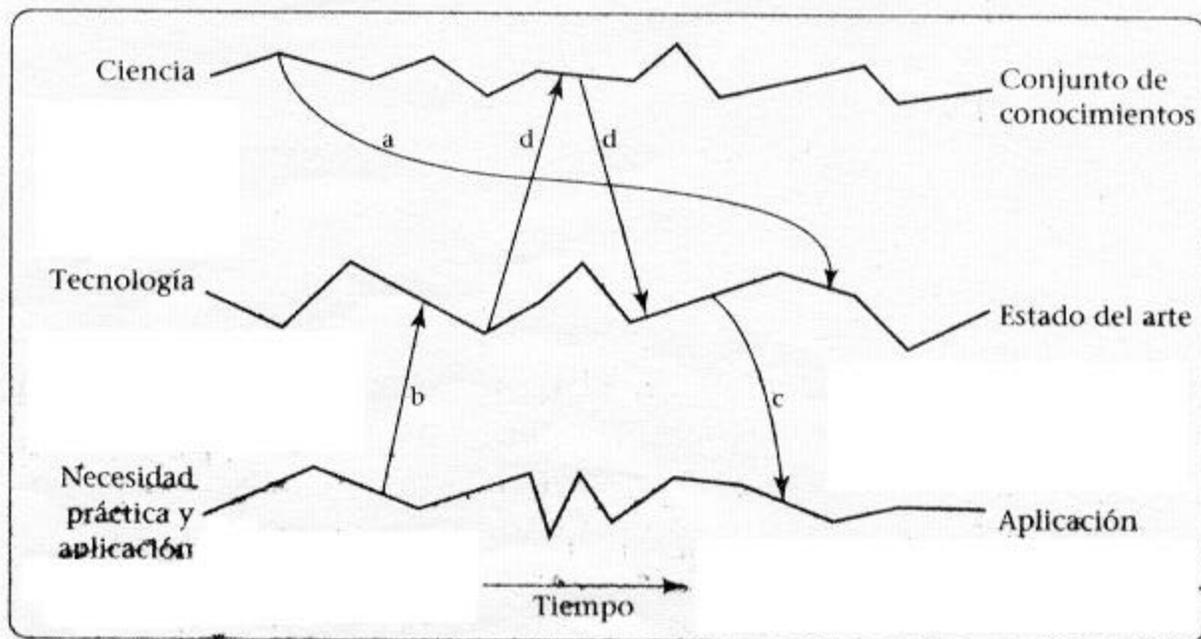


Figura 2. Ciencia, tecnología y la aplicación de sus productos, y rutas de comunicación entre las tres corrientes. ([a] El proceso normal de asimilación de los resultados científicos en la tecnología. [b] Necesidad reconocida de un dispositivo, técnica o entendimiento científico. [c] El proceso normal de adopción de la tecnología para su aplicación. [d] Necesidad tecnológica de comprender los fenómenos físicos y su respuesta.)

Aunque existe interacción entre ellas, las tres fuerzas motoras son procesos continuos y actuales. Su progreso a través del tiempo lleva a oportunidades de innovaciones en el mercado. Los técnicos, científicos, hombres de negocios e investigadores de mercados que participan en el proceso de innovación no siempre leen e interpretan en forma adecuada las señales que apuntan a esas oportunidades. En estos casos, las consecuencias son productos con las características inadecuadas (por ejemplo, precios mal determinados, productos muy grandes o muy pequeños, características poco apropiadas) o que se fabrican en un momento poco oportuno (demasiado tarde; a veces, muy pronto). La vida de estos productos casi siempre es muy corta. Sin embargo, si combinamos los recursos y herramientas adecuados y los utilizamos de la manera apropiada, veremos nuestros esfuerzos coronados por el triunfo, como sucede con frecuencia en la vida. Así de trivial y complicado es todo.