

Una entidad mucho más compleja

Por Roberto Cunningham



Pila de Volta

Al concepto tradicional de investigación y desarrollo se ha añadido recientemente el de innovación, formando así con el primero una nueva entidad mucho más compleja. Las relaciones entre ciencia y tecnología no son simples; más aun, los ámbitos científico y tecnológico divergen en más de un aspecto y hacen que la programación de estas actividades sea compleja y delicada.

actividad en la cual hasta entonces no necesitaba ser protagonista.

Esto nos trae a la memoria dos hechos históricos que los libros ilustran en forma gráfica.

El primero, del siglo XVII, muestra la presentación ante el soberano de las esferas de Magdeburgo. En dicho acto, Otto von Guericke (1602-1686), burgomaestre de Magdeburgo, demostraba el efecto del vacío practicado en dos hemisferos huecos meramente unidas por adhesión. Varios caballos tirando de cada lado eran incapaces de separarlas.

Terminada la ceremonia y luego de las clásicas celebraciones del pasado con lances de caballería y comilonas, cada uno habrá regresado a su hogar y las hemisferos habrán ido a parar a alguna vitrina...

La otra imagen que nos trae la memoria es la de un cuadro pre-impresionista que muestra a Volta exhibiendo el invento de su pila ante Napoleón III (imagen de apertura). Un nuevo acto, una nueva ceremonia y un destino similar para el objeto motivo de la invención: el estante para el recuerdo.

Es que, al momento de su presentación, no había aún usos prácticos para el vacío o la electricidad que pudieran ser generadores de demanda, y por ende de mercado, para los mismos. No había pues innovación tecnológica sino simples curiosidades técnicas y ello, a pesar del esfuerzo intelectual y los recursos empleados para lograr los objetos inventados. No se llega a las esferas de Magdeburgo o a la pila de Volta sin conocimientos técnicos, habilidad y experiencia.

En cambio, y obsérvese lo paradójico, tenemos el ejemplo de dos invenciones muy simples que no requirieron tanta formación ingenieril y que, sin embargo, transformaron el mundo.

Se trata de la lanzadera volante y de la má-

Vinculado con las tareas de investigación aplicada, durante las últimas décadas imperó el concepto simbolizado por dos letras: **I & D** (en América Latina) o **I + D** (en España), expresión sintética de investigación y desarrollo.

Recientemente ha comenzado a hablarse de la **I & D & I** o **I + D + I** por incorporación de la innovación tecnológica a la dñada anterior.

No es un mero agregado pues significa mucho más.

En efecto, la innovación tecnológica no es

sólo una invención o descubrimiento tecnológico. Requiere, además, tener resuelto el tema del mercado al cual se destina el producto motivo de la innovación.

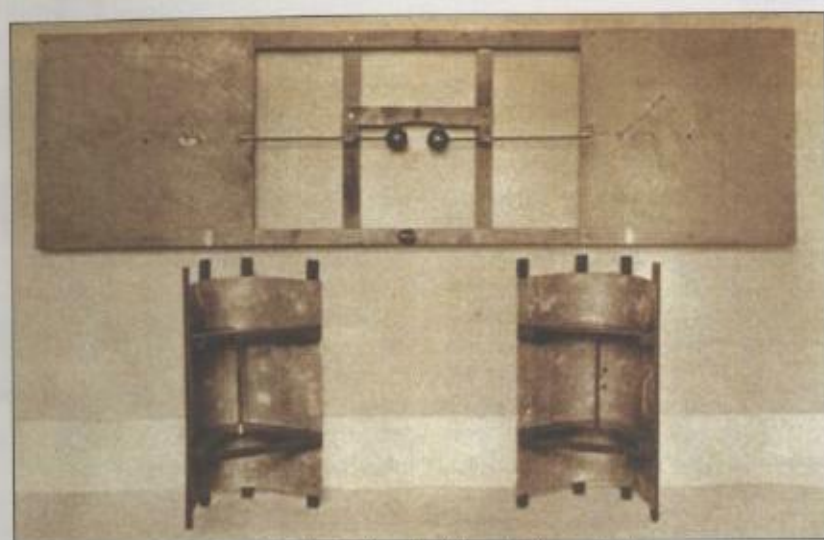
Efectivamente, sin mercado la innovación tecnológica se reduce a una curiosidad técnica. Al no incursionar en lo comercial, la **I & D** puede transitar por el ámbito académico sin mayores sobresaltos. Pero al incorporar la **otra I**, la presencia empresarial surge como indispensable.

UN CAMBIO CONCEPTUAL

El cambio conceptual es pues manifiesto: la empresa se incorpora desde el inicio a una



Roberto Cunningham



Aparatos de Hertz para el estudio de las ondas electromagnéticas.

(condensación de vapor de agua en el interior de un cilindro con pistón) y había constatado que, con cilindros y pistones de tamaño adecuado, sería posible realizar un trabajo útil con ellos.

En 1690 Papin publicó en latín su artículo en el que presentaba sus experimentos con el vapor en donde sugería que podía utilizarse la energía atmosférica para elevar el agua y minerales de profundas minas (cosa que logró la máquina de Newcomen), impulsar balsas y mover barcos sin velas. En 1695 apareció una versión francesa del artículo de Papin y en 1697 una reseña en inglés en la revista de la Royal Society. El artículo se había publicado en revistas científicas destinadas al medio científico que era aquel en el que se desenvolvía Papin.

No hay evidencias de que la reseña en inglés llegara a manos de Newcomen. Pero su actividad comercial lo había puesto a Newcomen en contacto con hombres que construían y utilizaban todo tipo de máquinas. Por ello, estaba en condiciones de recoger la vaga idea de Papin que probablemente alguien pudo haberle comentado.

Newcomen no tenía información ni inclinación a proseguir el estudio desinteresado del vacío así como Papin no tenía ni el interés ni el conocimiento e imaginación técnica necesarios para transformar sus estudios de laboratorio a pequeña escala en una máquina que funcionase.

Visto desde afuera, el complemento Papin-Newcomen era perfecto: un científico con propensión utilitaria y un técnico que conoce un experimento y lo aplica.

Pero esta relación simple y esta vinculación causa-efecto, la inventamos nosotros ahora al exponer la historia.

Sería erróneo concluir que Papin, al descubrir el principio físico del motor atmosférico, fue más original o creativo que Newcomen que fue el primero en construir una máquina que funcionara. Tampoco es correcto suponer que Newcomen no hizo más que llevar la teoría a la práctica. La magnitud del logro de Newcomen se verifica cuando se compara el motor que diseñó con el simple cilindro y pistón de

Papin, que poco tenía que pudiera servir de guía a Newcomen.

En efecto, para refrigerar el cilindro, Papin enviaba agua fría a su exterior mientras Newcomen inyectaba el agua en su interior. Papin calentaba el agua en el cilindro, Newcomen añadía un calentador por separado. El cilindro de Papin tenía 5 cm de diámetro, el

ingresa en el escenario de la tecnología generando una relación compleja con ésta que dista mucho de algunos esquemas simplistas que aducen una sencilla relación causal y lineal entre ambas y que hacen aparecer a la ciencia como la madre de toda innovación tecnológica.

Siguiendo la línea de enfoque de Basalla (1) coincidimos con él en cuanto a que dos ejemplos bastan para mostrar esta complejidad: las invenciones de la máquina de vapor y las comunicaciones por radio.

La invención de la máquina de vapor se adjudica a Thomas Newcomen (1663-1729), hombre de escasa instrucción formal, establecido como ferretero en Dartmouth, Inglaterra, en 1685. Newcomen vendía material industrial de ferretería, forjaba hierro, latón, estaño y cobre y producía artículos para sus clientes. Fue precursor de la moderna ingeniería mecánica.

La innovación tecnológica de Newcomen involucra la aplicación del concepto de vacío. Pero este concepto se encuentra ausente en la prehistoria de los elementos precursores de su máquina. El estudio del vacío no forma parte de la tradición artesanal, asociada a la construcción de maquinaria.

Sí, en cambio, estaba presente en especulaciones filosóficas (Parménides y Aristóteles) o científicas (Galileo, Torricelli, Pascal, von Guericke), que contribuyeron al desarrollo de la neumática.

Uno de los últimos fue Denis Papin (1647-1712) médico francés contemporáneo de Newcomen que realizó algunos de los primeros experimentos con el vapor, cilindros de vacío y pistones. Papin había descubierto el principio clave del motor atmosférico



Máquina de vapor.

quina de hilar. La primera se debe a John Kay, relojero de Bury que provocó un enorme incremento de productividad en el telar mecánico a partir de su invención en 1733. Tal fue este incremento que creó un cuello de botella en la fabricación del hilo e indujo a Richard Ackright, peluquero analfabeto de Preston, a inventar y patentar la máquina de hilar en 1768.

Estos dos ejemplos son pilares de la Revolución Tecnológica. Fueron hechos sobre la propia línea de manufactura: el mercado estaba asegurado. Fueron invenciones mecánicamente simples, no requirieron conocimientos profundos pero tenían un destino cierto. Fueron, pese a su simplicidad, auténticas innovaciones tecnológicas.

En tal sentido, la Revolución Industrial es un hito por partida doble en la historia del hombre. Por un lado, y ésta es la característica más divulgada, inaugura la era de un nuevo modo de economía de la producción, basado en la aplicación masiva de tecnologías destinadas a productos con gran demanda de mercado. La relación capital-tierra-trabajo, típica de la economía agraria vigente hasta entonces por milenios, cambia de raíz. Por primera vez en la historia la torta de la riqueza comienza a crecer en forma sostenida.

LA CIENCIA INGRESA A LA TECNOLOGÍA

Pero hay otro aspecto, no menos importante: la Revolución Industrial cierra la era de las invenciones (o desarrollos, como diríamos hoy) sin ningún sustento científico. En efecto, hasta entonces, los artefactos (como los molinos de viento o agua, la palanca, el timón, el torno, el aparejo o la brújula), los productos (como el papel o la pólvora) o los procesos (como los de fermentación o de reducción de minerales) habían implicado desarrollos empíricos por prueba y error. A partir de la Revolución Industrial, la ciencia

de Newcomen tenía 50 cm (se lo puede ver en el Science Museum en Londres). Por último, Papin se limitaba a abrir y cerrar manualmente las válvulas mientras Newcomen ideó un sistema de transmisión, que accionaba automáticamente las mismas.

Somos nosotros quienes, para explicar la historia, inventamos una serie de vinculaciones que los propios actores desconocían. **Generamos así una relación fantástica entre ciencia y tecnología.**

Otro ejemplo que ilustra esta relación es el de la comunicación por radio.

Nadie puede contradecirnos si decimos que, en última instancia, estas comunicaciones dependen de la teoría electromagnética desarrollada por James Clerk Maxwell (1831-1879). Maxwell desa-

rolla las leyes del electromagnetismo basándose en los estudios de Faraday. Para mantener la consistencia matemática en sus desarrollos Maxwell se vio necesitado a introducir un término cuyo origen era puramente matemático y del que no existía evidencia experimental alguna. Maxwell interpretó el significado de este término como una onda que involucraba sendos campos eléctrico y magnético, cambiantes, que se desplazaban a la velocidad de la luz.

Maxwell, teórico por excelencia, no mostró interés en salir a verificar experimentalmente estas hipotéticas ondas.

Por ende, menos aun podía interesarse en buscar alguna aplicación práctica de las mismas. De paso digamos que éste es uno de los poquísimos casos de la ciencia en el que un fenómeno es predicho teóricamente antes de haber sido observado. Lo habitual es a la inversa. Fue Heinrich Hertz (1857-1894) quien, 23 años después de la publicación de Maxwell, verificó la existencia de las ondas electromagnéticas. Para ello, tuvo que recurrir a un radiador (emisor) y a un detector (receptor) de ondas. A Hertz no le interesaba la aplicación práctica de su experimento pero éste daría nacimiento a la radiotelegrafía por chispa.

Fue en cambio Guglielmo Marconi (1874-1937), de instrucción formal limitada, que había estudiado física de modo informal con Augusto Righi en la Universidad de Bolonia, quien en 1894 montó, junto con Righi, un aparato de transmisión de ondas electromag-

néticas, logrando transmitir las en 1895 a una distancia de 2,5 km. Cabe acotar que el enfoque de Marconi fue altamente empírico. Marconi no estaba aplicando el conocimiento científico a la solución de problemas técnicos; estaba proporcionando soluciones

tecnológicas a problemas aun no comprendidos por la comunidad científica. Este caso muestra la trayectoria más larga posible que puede seguirse en la realidad: inicio con una teoría que prevé un fenómeno no observado aun; observación experimental del fenómeno; aplicación del mismo en una tecnología.

LA NECESIDAD DEL VÍNCULO

Pero nuevamente somos nosotros quienes generamos el vínculo. En la realidad éste es mucho más complicado y oculto.

Al mismo tiempo, estos dos ejemplos muestran que: 1) la conexión entre ciencia y tecnología es compleja y nunca simplemente jerárquica, 2) el conocimiento científico que estimula la innovación tecnológica no tiene que ser el único, 3) la ciencia dicta los límites de las posibilidades físicas de un artefacto pero no determina su forma y detalles: la ley de Ohm no dicta la forma y detalles del sistema de iluminación de Edison ni las ecuaciones de Maxwell hacen lo propio con el circuito de un receptor de radio.

A estas consideraciones que muestran las dificultades del empalme de lo científico con lo tecnológico se agrega el disímil (y, más aun, opuesto) universo de valores que impera en uno y otro ámbito. Ello se verifica cuando debemos referirnos al rol del concepto de lo secreto versus la libre difusión de resultados así como del plagio o copia versus la originalidad de los estudios, según estemos en el ámbito tecnológico o científico, respectivamente.

Pero hay una diferencia más. En efecto, Eugene S. Ferguson (1) argumenta que el pensamiento visual y no verbal domina la actividad creadora del tecnólogo. **La visualización y montaje de los componentes tiene lugar**

primero en la mente del tecnólogo y se refina mediante esbozos y modelos. Solo entonces el tecnólogo está en condiciones de describir, explicar y construir un aparato real. Este proceso de pensamiento no verbal es mucho menos frecuente entre científicos, que suelen manejar conceptos, expresiones matemáticas o entidades hipotéticas.

La innovación tecnológica con relación a un resultado específico no es pues programable. Lo es sí, el aliento o promoción de la misma.

Un párrafo más sobre la innovación tecnológica. Paul M. Romer, de la Universidad de Stanford, aduce que los factores tradicionales de la producción son escasos, cosa que no ocurre con las ideas. El carácter escaso determina la conocida ley de las utilidades decrecientes en Economía, ley ésta de validez universal. En cambio, el conocimiento y la innovación violarían dicha ley. Esta sería una explicación más del fenomenal crecimiento británico durante la Revolución Industrial o el de ciertos países de Occidente posteriormente.

CONDICIONES NECESARIAS PARA LA INNOVACIÓN

El trayecto que va desde la ecuación de Maxwell hasta la primera transmisión de Marconi pasando por las experiencias de Hertz requiere un conjunto de condiciones para ser recorrido con éxito. En efecto, para hacer este camino es necesario asignar:

1) Esfuerzo intelectual (en el mismo incluimos creatividad, ingenio, inteligencia, perseverancia, etc.); 2) Recursos físicos (equipos, materiales); 3) Recursos monetarios; 4) Tiempo.

Cada innovación en particular es una mezcla de estos cuatro elementos con distinto peso relativo de cada uno, según sea el sector de la ciencia y tecnología al que pertenezca en cada caso particular.

A su vez este camino se desenvuelve en un determinado contexto sociocultural que condiciona (facilitando o dificultando) su concreción final.

Cuando hablamos de contexto sociocultural nos referimos a tres factores imperantes en el mismo: recursos (humanos, físicos, monetarios), valores (proclives o resistentes a la innovación), clima (favorable o



James C. Maxwell



Esferas de Magdeburgo



Hemisferios de Magdeburgo





negativo). A estos tres factores agregamos las inevitables circunstancias de Ortega como un elemento condicionante más.

En la sociedad británica del siglo XVIII estaban presentes los tres primeros factores. Fue suficiente el invento de John Kay para que se produjera el efecto disparador. Otras circunstancias como cosechas y guerras hicieron lo suyo.

Observamos pues que el camino a recorrer por la innovación está enmarcado por dos ámbitos:

- a) El sector científico-tecnológico al que pertenece.
- b) La sociedad en la cual se inserta.

No es lo mismo una innovación en biotecnología (en donde la distancia entre laboratorio y la planta es mínima), que en petroquímica (donde el cambio de escala es mayúsculo) o en la actividad aeroespacial (donde los costos son ingentes), y a su vez no es lo mismo hablar de estos emprendimientos en Estados Unidos que en un país africano.

LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN EL IAPG

Nuestro caso particular se refiere al sector del petróleo y del gas (que comparativamente

te con otros sectores, no muestra mucha propensión por la innovación desarrollada internamente) y a la sociedad argentina que declara una cosa y hace otra.

En este contexto nace el Programa de Innovación Tecnológica del IAPG.

Más de una vez habíamos intentado introducir la idea de un programa de innovación tecnológica, pero sin éxito.

Hasta que, hacia fines de 1998 el IAPG organiza una reunión con Decanos de aquellas Facultades que dictan la carrera de Ingeniería de Petróleo.

Luego de la misma, en forma independiente, el Instituto del Gas y del Petróleo de la Universidad de Buenos Aires (IGPUBA) y el Instituto Tecnológico de Buenos Aires (IT-BA) manifiestan su inquietud por desarrollar alguna actividad vinculada con la I & D en el sector hidrocarburos. La idea, confusa al principio, se fue definiendo y cristalizó en la constitución de la Comisión de Innovación Tecnológica del IAPG, que tuvo a su cargo definir el Programa.

La idea rectora del mismo consistió en establecer **que es imposible hablar de innova-**

ción tecnológica si no se ponen en contacto directo a los dos actores de la misma: investigadores y empresarios (ver nota en esta edición "Premio Repsol YPF a la Innovación Tecnológica. El triángulo en acción"). El Programa seguirá este año, para el que esperamos más ideas y mejores encuentros y de esta forma estaremos solidificando ese "triángulo" que nos permitirá crecer. ●

Referencias:

(1) Basalla, George, *La Evolución de la Tecnología*, Ed. Crítica, Madrid, 1991.

Roberto E. Cunningham es Doctor en Química egresado de la Universidad Nacional de La Plata y se desempeña como Director General del IAPG. Es, además, profesor titular de Industrias Químicas en la Universidad Nacional de La Plata y autor de varios libros en su especialidad. Ha realizado trabajos técnicos, cursos y conferencias en nuestro país y en el exterior.



TIPO: SERIE 2050

Tamaño del cuerpo:
Ø 1" a 12".
Máx. presión de entrada:
100 Kg/cm².

Válvulas e Instrumentos para GAS Y PETROLEO



TIPO: SERIE 1098C

Tamaño del cuerpo:
Ø ½" a 12".
Máx. presión de entrada:
100 Kg/cm².



TIPO: SERIE 2070

Tamaño del cuerpo:
Ø 1" a 12".
Máx. presión de entrada:
100 Kg/cm².



TIPO: SERIE SOS-M

Tamaño del cuerpo:
Ø 1" a 12".
Máx. presión de entrada:
100 Kg/cm².



TIPO: SERIE VD277

Tamaño del cuerpo:
Ø 1" a 12".
Máx. presión de entrada:
100 Kg/cm².



TIPO: SERIE ICR

Tamaño del cuerpo:
Ø ½" a 12".
Máx. presión de entrada:
105.5 Kg/cm².

INDUSTRIAS EPTA S.R.L.

Calle 78 N° 4654/58 - (1650) San Martín - Buenos Aires - ARGENTINA
Tel./Fax (054 - 011) 4752-6314 / 4753-3777 / 4753-4693
E-mail: epta@epta.com.ar - Web site: <http://www.epta.com.ar>