

Ciencia y Tecnología e Innovación Productiva

Eduardo N. Dvorkin

1. Ciencia, Tecnología y Técnica

Es necesario diferenciar entre tres conceptos que utilizaremos en lo que sigue: *técnica*, *tecnología* y *ciencia* [Dv-1996] y [Dv-1997].

El concepto de *técnica* lo utilizamos en relación a los procesos físicos mediante los cuales se le da forma a los materiales con los medios de producción disponibles: los útiles (herramientas) y los instrumentos (herramientas para hacer herramientas).

El concepto de *tecnología* es más abarcativo: definimos a la tecnología como el conjunto de habilidades, conocimientos, útiles, instrumentos y organización que permiten producir un bien o servicio [Br-1993].

Siguiendo a Bernal [Be-1986], intentaremos una aproximación gradual al concepto de *ciencia*:

- a. Conocemos y nos es fácil identificar lo que se denomina el *método científico* (ver Figura 1): el estudio de un fenómeno determinado comienza con la observación del mismo, seguida de la formulación de hipótesis sobre el mecanismo causa - efecto inherente a dicho fenómeno (abstracción). El paso subsiguiente en el método científico es comprobar la validez de las hipótesis formuladas mediante la experimentación; es decir, mediante la reproducción controlada del fenómeno en estudio. El paso experimental permite corroborar las hipótesis formuladas o provee datos para su corrección o indica la necesidad de reformular dichas hipótesis.

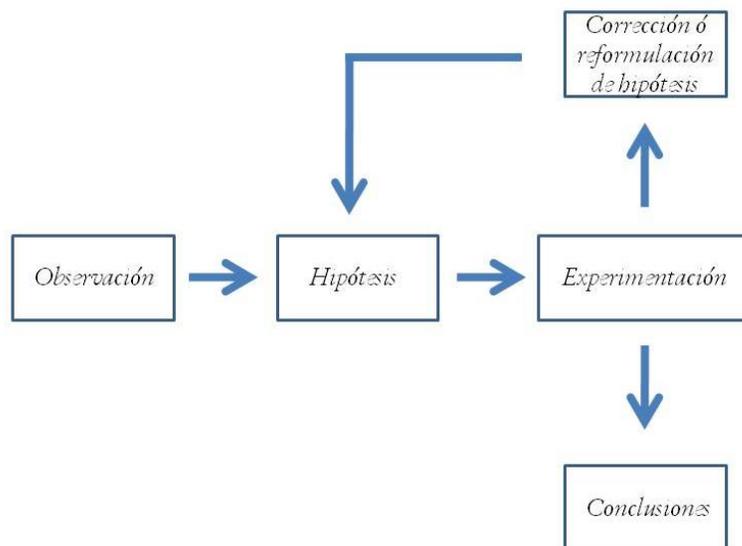


Figura 1. El método científico

- b. Podemos también distinguir los *aparatos científicos*; es decir, instrumentos de medición y análisis usados en las fases de observación y experimentación, cuando para el estudio de un fenómeno se utiliza el método científico.
- c. Identificamos un lenguaje diferenciado del cotidiano, que es utilizado por quienes empleando como herramienta al método científico trabajan sobre temáticas afines. Es el denominado *lenguaje científico*.
- d. Aquellos que utilizan el método, los aparatos y el lenguaje científico conforman una *comunidad científica* que intercambia experiencias, que establece valoraciones de las diferentes contribuciones que realizan sus miembros (juicio de pares), que produce sus publicaciones, etc. A los miembros de la comunidad científica los denominamos *científicos*.

Por lo tanto, siguiendo a Bernal, podemos definir como *ciencia* a aquello que hacen los científicos.

Es importante resaltar algunas diferencias notables entre ciencia y tecnología:

- a. *El fin último*: la ciencia trabaja sin necesidad de imponerse un objetivo final, en tanto que la tecnología es dependiente de dicho objetivo final [Ca-1995] (por ej., se desarrolla tecnología para fabricar tal producto en tales condiciones y con tales medios, pero se estudian científicamente las propiedades de un material independientemente de la posibilidad o aún de la necesidad de producirlo).
- b. *La propiedad del resultado*: en ciencia la propiedad es social, los resultados y las teorías que se desarrollan se publican; todo aquel que tenga los conocimientos necesarios para acceder a la lectura de una publicación científica puede disponer de los resultados y teorías publicadas e incorporarlas a su propio trabajo o demostrar su no-validez. En tecnología el resultado es decididamente una propiedad particular [Br-1993] (y no nos referimos a ningún sistema económico en especial, puede ser propiedad de una empresa, privada, cooperativa o estatal).
- c. *La difusión de los resultados*: en ciencia la difusión es amplia e irrestricta. En tecnología, la difusión es restringida, existen las patentes que supeditan la difusión de una nueva tecnología o producto a la voluntad de su propietario, al menos por un cierto tiempo a partir de la introducción de la novedad; pasado ese tiempo la novedad pasa a ser propiedad social de libre difusión.
- d. *El desarrollo*: en la ciencia es acumulativo, tal como lo describió Isaac Newton “*Yo vi más lejos porque estaba parado sobre los hombros de gigantes*” (cit. en [Wi-1994]). En tecnología, por el contrario, la característica es el desarrollo desigual y el avance a saltos.
- e. *La metodología*: la ciencia adopta una tecnología excluyente, el método científico (Figura 1). En tecnología no hay una metodología preferencial; desde el tecnólogo intuitivo hasta el desarrollo basado en la aplicación de una metodología científica, pasando por la copia y adaptación, son todas metodologías válidas.
- f. *La repercusión*: en un desarrollo científico puede ser inmediata o diferida; invariablemente en tecnología se busca un impacto inmediato.

Como punto en común debemos anotar que tanto la ciencia como la tecnología tienen alta repercusión lateral: se pueden realizar desarrollos en una disciplina y obtener resultados inmediatamente aplicables en otra. Norbert Wiener [Wi-1994] proporciona un ejemplo de

investigadores que trabajando en la formulación matemática de problemas de combustión, encontraron que el desarrollo matemático que habían realizado era directamente aplicable a la descripción de problemas de epidemiología.

Las diferencias y similitudes entre ciencia y tecnología las resumimos en la Tabla I

	CIENCIA	TECNOLOGÍA
PROPIEDAD	Social	Particular
FIN ULTIMO	Independiente	Dependiente
DIFUSIÓN	Irrestricida	Restringida
DESARROLLO	Acumulativo <i>“Yo vi más lejos porque estaba parado sobre los hombros de gigantes” Isaac Newton citado en [Wi-1994]</i>	Desigual
METODOLOGÍA	Científica	Indiferente
REPERCUSIÓN EN EL TIEMPO	Inmediata o diferida <i>Método de Jacobi para cálculo de autovalores/ autovectores presentado hace más de un siglo y hoy de utilización intensiva en algoritmos computacionales</i>	Inmediata
REPERCUSIÓN LATERAL	Mucha <i>La descripción matemática de problemas de combustión y epidemiología es similar N. Wiener</i>	Mucha

Tabla I. Ciencia y Tecnología

Ilustramos nuestra visión de las relaciones entre ciencia, tecnología y técnica con el diagrama de la Figura 2. Como aportes *no-científicos* al desarrollo tecnológico podemos listar entre otros: la intuición educada, el método de prueba y error, la copia y adaptación, la compra de tecnología incorporada en equipos, la compra de “*know-how*”, etc.

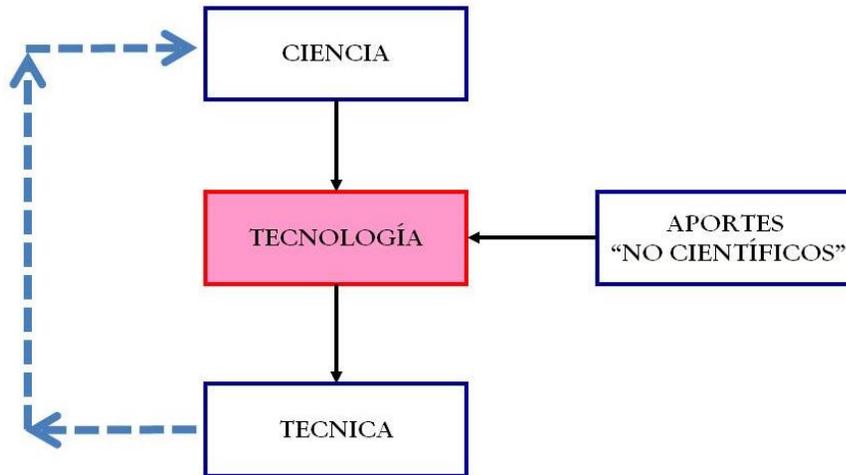


Figura 2. Relación entre Ciencia y Tecnología

Interpretando esquemáticamente el diagrama de la Figura 2 concluiríamos que el desarrollo científico debe necesariamente preceder al desarrollo tecnológico. Esto no es necesariamente así, ni ha ocurrido así históricamente. Bernal [Be-1986] propone los siguientes ejemplos:

- los remos y las balanzas eran usados antes de que Arquímedes formulara la ley de la palanca. Sin embargo, la ley de la palanca proporcionó un concepto que a posteriori permitió el desarrollo de aplicaciones tecnológicas más complejas que las de remos y balanzas;
- la construcción de catedrales durante la edad media se realizaba antes de que existiesen los conocimientos científicos que posibilitan el cálculo estructural de las cúpulas.

La línea punteada que en la Figura 2 va desde la técnica a la ciencia esquematiza el hecho de que muchos desarrollos técnicos tuvieron importante influencia sobre posteriores avances científicos: un ejemplo es el de la construcción de relojes mecánicos que instaló la posibilidad de desarrollar instrumentos científicos de precisión, poniendo además de manifiesto la necesidad de explicar científicamente algunos fenómenos dinámicos sobre los que se basa el funcionamiento de un reloj mecánico: la primera evidencia de un mecanismo de reloj mecánico data del 1286 [Ca-1995] y las bases científicas que permiten describir el funcionamiento de un reloj mecánico (y perfeccionarlo) se tuvieron recién gracias a los estudios de Galileo (1564-1642) y Newton (1643-1727).

2. La cadena de I+D científico - tecnológico

En una sociedad determinada, la posibilidad de generar aportes científicos al desarrollo tecnológico implica el pre-requisito de haber establecido en dicha sociedad la que llamaremos *cadena de I+D (investigación y desarrollo) científico - tecnológico* y que esquematizamos en la Figura 3.

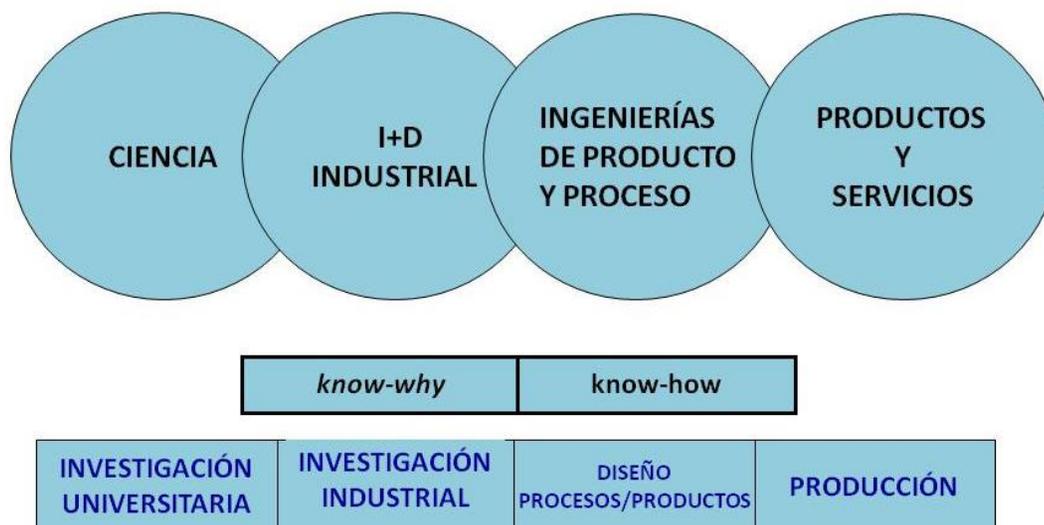


Figura 3. Cadena de I+D científico - tecnológico

En esta figura hemos esquematizado cuatro áreas de trabajo (investigación en ciencia, I+D industrial, implante industrial y producción industrial) mostrando solapes entre ellas. Estas superposiciones son indispensables para que el sistema funcione; sin embargo, si en un dado caso las zonas de superposición son demasiado extensas, existe un problema de definición de funciones / objetivos. En el gráfico también mostramos las cuatro instituciones normalmente ligadas a las áreas de trabajo descriptas.

Los ámbitos típicos para desarrollar investigación científica son las instituciones sin fines de lucro: universidades, algunos laboratorios nacionales y fundaciones.

Los ámbitos de desarrollo tecnológico son las empresas (privadas, cooperativas o estatales) del sector productivo o de servicios.

La investigación científica aplicada puede ser compartida por ambos tipos de instituciones.

Es fundamental comprender que un desarrollo tecnológico puede involucrar un desarrollo científico (ciencia aplicada) pero lo excede.

El tecnólogo no solo debe desarrollar un producto o proceso en abstracto sino que debe ocuparse de una diversidad de temas conexos. Por ejemplo,

- Durante el desarrollo de un nuevo proceso o la optimización de un proceso existente: de la posibilidad de suministro de materia prima adecuada, de la posibilidad de obtener un adecuado suministro de energía, de identificar la maquinaria adecuada al proceso, de identificar los instrumentos de medición adecuados, de estudiar la estabilidad del proceso frente a cambios aleatorios de las variables de control, etc.
- Durante el desarrollo de un nuevo producto: de la posibilidad de su fabricación utilizando la maquinaria disponible, de desarrollar controles de calidad sobre la materia prima a ser utilizada, de establecer límites de tolerancia que no desvirtúen las propiedades del nuevo

producto ni encarezcan innecesariamente su producción, de analizar la estabilidad de las propiedades del producto en una fabricación seriada, etc.

Resulta evidente que el desarrollo tecnológico, con la definición que del mismo hemos venido utilizando, no puede desarrollarse en el ámbito universitario.

Sin embargo es posible, y de hecho es normal en el mundo, que empresas productivas o de servicios financien en las universidades ciertos desarrollos científicos en los que están interesados para sus desarrollos tecnológicos: ciencia aplicada desarrollada por encargo de estas empresas.

Con el esquema de la Figura 3 no queremos significar que el desemboque necesario de toda producción científica sea concatenarse en un desarrollo tecnológico, ni que todo desarrollo tecnológico deba ser precedido por investigación científica.

La investigación científica guiada por curiosidad es un valor en si mismo: por sus potencialidades como creadora de conocimientos y por su rol en la formación de futuros científicos e ingenieros. Es correcto y necesario que nuestro país haga todo lo necesario para promocionar la investigación científica de calidad.

El desarrollo tecnológico no requiere como pre-requisito imprescindible un poderoso sistema científico que lo respalde y el caso coreano es un ejemplo destacado de esto [KL-1999].

Sin embargo, cuando un país logra acoplar el sistema científico y el desarrollo tecnológico, ese país puede dar un salto cualitativo en la producción de valor agregado.

La visión sobre este tema de Vannevar Bush, fundador de la NSF [Bu-1944]:

“Los avances de la ciencia, cuando son puestos en uso práctico, producen más puestos de trabajo, mayores sueldos, menos horas de trabajo, cosechas más abundantes, más horas de descanso y recreación, más tiempo para estudiar y para aprender cómo vivir sin el trabajo penoso que ha sido la carga del hombre común en las épocas pasadas.

Los avances en la ciencia también traerán mayores estándares de vida, conducirán a la prevención ó cura de enfermedades, van a promover la conservación de nuestros limitados recursos nacionales y van a asegurar medios de defensa contra la agresión. Pero para lograr estos objetivos – para asegurar un alto nivel de empleo, para mantener una posición de liderazgo mundial – el flujo de nuevos conocimientos científicos debe ser continuo y sustancial”.

La visión sobre este tema de Bernardo Houssay, fundador del CONICET [Ho-1960]:

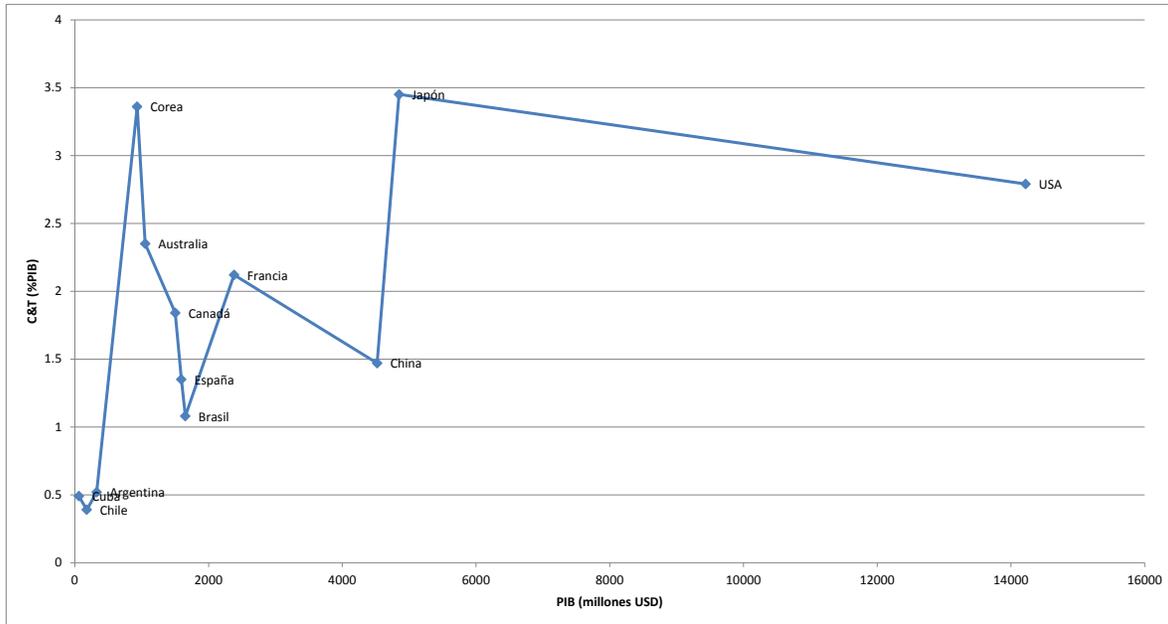
“Algunas personas piensan que la ciencia es un lujo y que los países más desarrollados gastan en ciencia porque son ricos.

Gran error, gastan en ciencia porque es una gran inversión y de esta forma se vuelven aún más ricos.

Ellos no invierten en ciencia porque son ricos y prósperos sino que son ricos y prósperos porque invierten en ciencia.

Nada produce mayores ganancias que la investigación en ciencia y en tecnología”.

En la Figura 4 hemos compilado para diferentes países el % del PIB que dichos países invierten en ciencia y tecnología como función de dicho PIB. Vemos que como tendencia muy marcada, el porcentaje es mayor para los países más ricos.



*Figura 4. Porcentaje de PBI invertido por diferentes países en C&T.
(Datos del Banco Mundial correspondientes al año 2008)*

El caso de USA, por estar fuera de la escala de los otros países en lo que hace a su PIB, sólo puede considerarse una singularidad.

3. Ciencia aplicada e ingeniería

La ciencia aplicada, en el esquema que hemos propuesto, resulta un híbrido que se enfoca hacia un fin último, como la tecnología, pero es válida aún sin alcanzar dicho fin, por ser en definitiva ciencia. Los resultados de la investigación científica aplicada también se publican, con el posible retardo de los tiempos necesarios para obtener patentes o para preservar secretos industriales.

El objetivo de los científicos es entender la naturaleza para poder establecer leyes que permitan predecir sus fenómenos. Este objetivo no necesita justificarse con consideraciones económicas o sociales y vale por sí mismo.

El objetivo de los tecnólogos es modificar la naturaleza para satisfacer las necesidades de los hombres. Este modificar de la naturaleza puede basarse, como hemos discutido arriba, en conocimientos científicos o en el puro empirismo y obtenidos los resultados esperados no resulta importante justificar las metodologías de obtención y uso de los conocimientos necesarios.

Los filósofos griegos, a los que les resultaba inaceptable la justificación de su trabajo en base a necesidades prácticas (salvo los médicos) constituyen el hito histórico que marca el nacimiento de la ciencia y los romanos que construían acueductos, viaductos y grandes estructuras sin tener el conocimiento previo de los fundamentos científicos de sus diseños son el hito histórico que marca el comienzo del desarrollo de la ingeniería [Be-1986].

Dos importantes novedades del siglo XX fueron:

- el desarrollo intensivo de la “*ingeniería científica*”, que incrementa fuertemente la posibilidades de desarrollo de tecnologías mediante la aplicación de conocimientos y metodologías científicas;
- el fuerte desarrollo de la “*ciencia aplicada*”, que poniendo el foco en el impacto tecnológico del trabajo científico incrementa su valor social y consecuentemente los fondos que la sociedad está dispuesta a invertir en el desarrollo científico en general.

Donald E. Stokes [St-1997] propuso el esquema que presentamos en la Figura 5 para representar los motores de las diferentes actividades científico-tecnológicas,

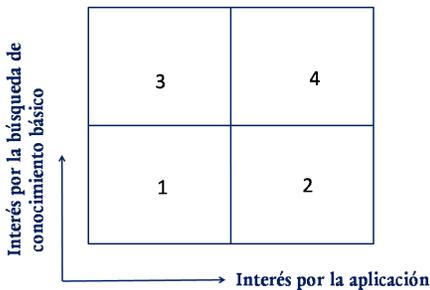


Figura 5. Los cuadrantes del sistema de C&T

Utilizaremos el esquema de la Figura 5 para representar nuestra visión del estado actual de la relación entre las motivaciones científicas (“Interés por la búsqueda de conocimiento básico” en el eje vertical) y las motivaciones ingenieriles (“Interés por la aplicación” en el eje horizontal):

- El cuadrante 1 es en el que ubicamos las aplicaciones ingenieriles estándar.
- El cuadrante 2 es en el que ubicamos las aplicaciones ingenieriles avanzadas (el cuadrante de *Edison* en la terminología de Stokes). En este cuadrante hay poca actividad en el país y principalmente se localiza en unas pocas empresas innovadoras.
- El cuadrante 3 es en el que ubicamos la ciencia pura o ciencia motivada por la curiosidad (el cuadrante de *Bohr* en la terminología de Stokes). En este cuadrante en general se localiza la actividad que desarrollan los investigadores argentinos, mayoritariamente miembros de la carrera del CONICET.
- El cuadrante 4 es en el que ubicamos la articulación científico-tecnológica (el cuadrante de *Pasteur* en la terminología de Stokes). Este cuadrante en nuestro país se encuentra prácticamente desierto y es, notablemente, el que está relacionado con el diseño y producción de productos innovativos de alto valor agregado.

Es interesante notar que hoy en nuestro país, mientras la mayoría de los científicos localiza su actividad en el cuadrante 3 (Bohr), la mayoría de los ingenieros lo hace en el cuadrante 1. [Dv-2009]

Si queremos estar en el cuadrante de Pasteur... ¿por qué no estamos?

Existen dos visiones encontradas e incompatibles sobre nuestro modelo de país: la visión neoliberal que apunta a un país que basa su crecimiento en la fertilidad de nuestros campos y en el bajo precio de nuestra energía y de nuestra mano de obra. Esta visión de país es incompatible con la de un país productor de tecnologías, este es un país en que el desarrollo de la ciencia es un lujo y el único objetivo del trabajo científico es el lucimiento internacional.

Por el contrario un país que decida desarrollar productos innovativos y de alto valor agregado, que desarrolle la ciencia como una necesidad y no como un lujo, que desarrolle la educación primaria y secundaria conjuntamente con puestos de trabajo de complejidad creciente es el país que necesita transitar hacia el llamado cuadrante de Pasteur.

4. La innovación tecnológica

Un tema relacionado con los desarrollos tecnológicos y que constituye una preocupación permanente por sus implicancias para el progreso económico y el bienestar de la sociedad es el tema de la **innovación**.

Sin embargo deberemos precisar con certeza a que nos estamos refiriendo con el concepto innovación, que varía de acuerdo al contexto en el que es empleado.

- En Ciencia el concepto es el de **innovación absoluta**: es hacer lo que nadie hizo antes, eso y sólo eso es innovación, hacer algo diferente y obviamente válido. Si intentamos publicar en un journal científico de prestigio algo que alguien ya hizo antes vamos a recibir un rechazo de parte de los referees. Hay tecnologías que tienen el mismo criterio sobre la innovación que la Ciencia, son las que llamamos “tecnologías de punta”. La industria de la computación y la biotecnología constituyen ejemplos típicos. En la época en la que los EE.UU. y la U.R.S.S. volcaron sus esfuerzos nacionales en la competencia por poner el primer hombre en la Luna, ambos países intentaban hacer algo que el otro no hubiese hecho antes, cada paso adelante en esa competencia constituía una innovación en sentido absoluto, en el sentido de la innovación científica. La industria armamentista durante la guerra fría fue un ejemplo similar y hoy en día las empresas líderes de producción de computadoras y teléfonos celulares compiten entre sí lanzando al mercado productos que constituyen innovaciones absolutas.
- En las tecnologías menos de punta (ej. siderurgia, maquinarias de construcción, etc.) el concepto de innovación es distinto. Existe un proceso de **innovación local**, mediante el cual una empresa que no fabricaba un determinado producto o no prestaba un determinado servicio empieza a hacerlo; lo que constituye una innovación en el medio productivo de referencia independientemente de que en el mundo o en el mismo país hubiese otras empresas que ya produjesen el producto o prestasen el servicio en cuestión.

Los EE.UU. comenzaron a preocuparse por el tema de la innovación local cuando caída la U.R.S.S. y debilitado el empuje sobre el desarrollo de armas de alta sofisticación, comenzaron a tratar de volcar el alto potencial científico - tecnológico de laboratorios como Los Alamos o Sandia hacia temas que hacían al adelanto de su industria manufacturera, en algunos casos notablemente atrasada frente a su competencia japonesa o europea [Br-1993].

Branscomb [Br-1993] define: “*innovación es el proceso que lleva a la creación e introducción en el mercado de un producto nuevo o de un servicio nuevo para la empresa*”.

En el sentido arriba expuesto podemos asimilar la innovación a la creación de cultura tecnológica en un ámbito productivo local.

Norbert Wiener, un matemático del MIT muy involucrado en el desarrollo de innovaciones tecnológicas, definió en los años 50 las cuatro condiciones necesarias para la innovación [Wi-1994]:

1. **Generación de un nuevo concepto:** es una tarea individual¹ que está condicionada por el clima intelectual del momento. Este primer paso, el de generación de un nuevo concepto, es independiente de la futura aplicación tecnológica de dicha novedad.
2. **Grado de desarrollo tecnológico del momento que haga factible el desarrollo del nuevo concepto:** (a) Leonardo tenía que materializar sus desarrollos tecnológicos usando madera o cuero, los materiales que la tecnología de la época ponía a su disposición; la baja dureza y la baja resistencia al desgaste de estos materiales hizo que muchos de los desarrollos de Leonardo fracasaran en su implementación concreta. (b) Watt, que ingenierizó en el siglo XVIII la primera máquina a vapor, era no casualmente relojero y fabricante de instrumentos científicos; dado que en esa época los últimos adelantos tecnológicos en mecánica de precisión estaban en dominio de los relojeros.
3. **Integración social de científicos y productores:** Wiener propone el ejemplo de Edison que además de sus aportes específicos a la innovación tecnológica fundó el primer centro de investigación industrial de la historia. Los laboratorios de Edison fueron el primer grupo de científicos y tecnólogos reunidos específicamente para cumplir un fin de interés productivo y de esa forma dieron origen al complejo científico - tecnológico de los EE.UU., que ha revolucionado la visión histórica de C&T.
4. **Estímulo a la innovación:** Es fundamental que una sociedad que quiere gozar los frutos de la innovación tecnológica disponga estímulos, sobre todo económicos, a aquellos que estén dispuestos a asumir el riesgoso camino de la innovación. En el Capítulo 4 volveremos sobre este tema.

5. De la ingeniería inversa a la innovación

La innovación tecnológica normalmente arranca con la copia y adaptación de productos originales de empresas que internacionalmente lideran un sector productivo. Este proceso de ninguna forma es simple desde el punto de vista ingenieril: comienza por la *ingeniería inversa* del producto original. La ingeniería inversa consiste en determinar, en base a un número no demasiado grande de muestras del producto original, sus tolerancias y especificaciones de fabricación y continua con el entendimiento de las condiciones que aseguran la performance esperable del producto; la que llamaremos la *ventana tecnológica* del producto².

¹ “Our species is the only creative species, and it has only one creative instrument, the individual mind and spirit of a man. Nothing was ever created by two men. There are no good collaborations, whether in music, in art, in poetry, in mathematics, in philosophy. Once the miracle of creation has taken place, the group can build and extend it, but the group never invents anything. The preciousness lies in the lonely mind of a man.”, J.Steinbeck, East of Eden, Chapter 13.

² La ventana tecnológica de un producto es el lugar geométrico en el espacio de las variables que gobiernan la performance del mismo en servicio, en el cual el comportamiento del producto y su costo de producción son aceptables.

Una empresa productiva, normalmente de menor envergadura que las líderes del correspondiente mercado, comienza así lo que arriba hemos llamado el proceso de la innovación local.

No existen límites éticos a esta actividad dado que la tecnología es finalista y no discrimina medios. Obviamente el único límite es legal: la propiedad intelectual. La copia y adaptación de productos de renombre con patentes vencidas facilita los aspectos legales.

Si se trata de un producto de consumo masivo deberá convencerse a un determinado mercado que la réplica tiene propiedades iguales ó superiores a las del producto replicado; si se trata de un insumo industrial deberán aprobarse, ante las industrias compradoras de dicho insumo, las pruebas de performance de igual forma que si se tratase un producto nuevo ... y más aún, ya que existe la sospecha (no necesariamente infundada) que el nuevo proveedor no conoce el producto que está tratando de producir de la misma forma que el productor original.

El aspecto económico de la operación es decisivo para su factibilidad. La empresa que comienza un proceso de copia y adaptación, para poder desarrollarse debe no tener que competir de entrada contra las empresas líderes: mercados nacionales protegidos ó bajos costos de producción y comercialización hacen posible entrar al mercado con adaptaciones que inicialmente carecen del renombre del producto original.

Si el camino de la copia y adaptación es recorrido prolijamente: explorando las *ventanas tecnológica* del producto que se quiere reproducir y de su proceso productivo, la empresa que lo recorre va ganando, junto con la experiencia productiva, conocimientos (*know how + know why*) lo que en el mediano plazo terminará abriendo el camino que la llevará de la innovación local a la absoluta.

6. Referencias

- [Be-1986] Bernal J.D., *Historia Social de la Ciencia*, Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1986.
- [Br-1993] Branscomb L.M., *Empowering Technology - Implementing a U.S. Strategy*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1993.
- [Bu-1944] Bush V., *Science the Endless Frontier*, 1944 (<http://www.nsf.gov/od/lpa/nsf50/vbush1945.htm>).
- [Ca-1995] Cardwell D., *The Norton History of Technology*, W.W.Norton & Co., New York, 1995.
- [Dv-1996] Dvorkin E.N., “Mecánica Computacional: desarrollos teóricos y aplicaciones industriales”, *Anal. Acad. Nac. Cs, Ex. Fís. y Nat.*, Vol. 49, Buenos Aires, Argentina, 1997.
- [Dv-1997] Dvorkin E.N., “Ingeniería: del tecnólogo intuitivo a la modelización computacional” en *¿Qué es investigar hoy? Reflexiones al borde del nuevo milenio*, Serie Ciencia y Tecnología en la UBA (Ed. A. Fernández Cirelli), 1997.
- [Dv-2009] Dvorkin E.N., “La ciencia necesaria”, *Revista Encrucijadas* (UBA), N°47, Octubre 2009.
- [Ho-1960] Houssay B.A., “Investigadores y técnicos como base de la supervivencia y el progreso de un país”, Conferencia de clausura de la Segunda reunión Conjunta de Comisiones Regionales del Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas, Buenos Aires,

4 de abril de 1960 en *CD Bernardo A. Houssay*, Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 1997.

- [KL-1999] Kim D.-W. and Leslie S.W., “Winning markets or winning nobel prizes? – KAIST and the challenges of late industrialization”, *Osiris*, Vol. 13, pp. 154-185, 1999.
- [St-1997] Stokes D.E., *Pasteur’s Quadrant – Basic Science and Tchnological Innovation*, Brookings Inst. Press, Washington D.C., 1997.
- [Wi-1994] Wiener N., *Invention - The care and feeding of ideas*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1994.