

Las innovaciones  
tecnológicas:  
aspectos  
conceptuales y  
modelos

Alejandro Naclerio

Programa de Investigaciones Económicas  
sobre Tecnología, Trabajo y Empleo

**P I E T T E**

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Saavedra 15 P.B.  
1083 Capital Federal  
tel. 953 7651 - fax 953 9853  
E-mail: postmaster@piette.edu.ar

Programa de Investigaciones Económicas sobre Tecnología, Trabajo y Empleo

**P I E T T E**

con sede en el Centro de Estudios e Investigaciones Laborales  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Nación  
Centre de Recherches et Documentation sur l'Amérique Latine du CNRS

Programa de Investigaciones Económicas  
sobre Tecnología, Trabajo y Empleo

**PIETTE**

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

El PIETTE tiene sede en el Centro de Estudios e Investigaciones Laborales (CEIL) del CONICET y trabaja en estrecha colaboración con el Centre de Recherche et Documentation sur l'Amérique Latine (CREDAL) URA N° 111 au CNRS.

**Supervisión técnica:** Julio C. Neffa

**Corrección:** Graciela Torrecillas

**Diseño y diagramación:** Irene Brousse

Noviembre 1998

Los Documentos de Trabajo del Programa de Investigaciones Económicas sobre Tecnología, Trabajo y Empleo son resultado de los siguientes Proyectos de Investigación y Desarrollo:

UBA EC032 "Crisis, reestructuración productiva, innovaciones tecnológicas y organizacionales y sus repercusiones sobre el mercado de trabajo"

UBA TC03 "Crisis, nuevo régimen de acumulación y sus impactos sobre la evaluación de la PEA: actividad, desempleo y subempleo en Argentina según la EPH 1974-1997. Evaluación de las políticas públicas de empleo desde el Plan de Convertibilidad"

*El Programa PIETTE, con sede en el Centro de Estudios e Investigaciones Laborales (CEIL) fue creado oficialmente el 19 de mayo de 1992, mediante Resolución del Directorio del CONICET, N° 594/92. El actual Director es el Dr. Julio César Neffa, Investigador Principal del CONICET en el CEIL y del CNRS en el CREDAL (Centre de Recherches et Documentation sur l'Amérique Latine, URA N° 111 au CNRS, Universidad de París III).*

*El Programa concentra su actividad en el estudio sistémico de las interrelaciones generadas entre las innovaciones tecnológicas -derivadas de la investigación científica básica y sus aplicaciones- y las innovaciones organizacionales dentro de las empresas productoras de bienes y de servicios. El objetivo es facilitar una gestión eficiente y competitiva de las unidades de producción así como condiciones adecuadas para el uso y reproducción de la fuerza de trabajo. Esta delimitación del campo temático comprende naturalmente las articulaciones entre los sistemas científico, productivo y educativo en lo que se refiere a las clasificaciones y calificaciones profesionales.*

# Las innovaciones tecnológicas: aspectos conceptuales y modelos

Alejandro Naclerio

## Introducción

En el PIETTE del CONICET se están desarrollando investigaciones vinculadas a dos grandes ramas de las Ciencias Sociales y/o Económicas. Varios de estos estudios, específicamente los vinculados a la economía y/o sociología del trabajo y también a la economía industrial, han merecido un reconocimiento científico y académico.

Por otra parte, en estos últimos años, el PIETTE ha comenzado a interesarse por la Economía de las Innovaciones y ha organizado una serie de seminarios internacionales que han dado origen a un debate y enriquecimiento académico en relación con esta temática. Asimismo se han desarrollado aportes en este sentido por parte de sus investigadores.

En este marco nos proponemos iniciar por medio de esta primera publicación, una reflexión y/o debate sobre el estado teórico de la Economía de las Innovaciones.

A modo de iniciación describiremos los procesos históricos que refieren al cambio tecnológico por medio de las innovaciones que han motorizado el desarrollo productivo de las sociedades a través de los siglos.

Dedicaremos la segunda parte a definir de manera precisa los conceptos de tecnología, cambio tecnológico e innovación y paradigma tecnológico.

En la tercera parte introduciremos y desarrollaremos el concepto de Investigación y Desarrollo (I&D).

Finalmente, se plantearán esquematizaciones o modelos del hecho innovativo, que permitirán sistematizar los aspectos conceptuales referentes al progreso tecnológico de las sociedades. También expondremos la importancia de la Investigación y Desarrollo (I&D) en cada uno de los modelos.

## 1. Una mirada histórica

Cuando se habla de técnica o tecnología se alude a una multiplicidad de cuestiones que se entienden tácitamente o, en otras palabras se dan por sobreentendidas sin demasiadas aclaraciones: por ejemplo, se asocia con un bien nuevo, la creencia de que las fábricas funcionan con máquinas complejas que simplifican la labor humana; con otras cuestiones que hacen al avance y perfeccionamiento del proceso de producción, etc.. Si bien es cierto que la tecnología remite a estas nociones, valdría la pena subrayar y amplificar el significado y las implicancias de este concepto.

Para hablar de tecnología habría que remontarse al origen del hombre, cuando justamente podríamos justificar su aparición debido a su capacidad 'técnica' para comenzar a dominar en cierta forma la naturaleza. La presencia del instrumental paleolítico en los tiempos prehistóricos señala la aparición del hombre y simultáneamente de la técnica. A partir de allí las herramientas constituyen el factor diferenciador de la especie humana, permitiendo iniciar un proceso de desarrollo que delineó la historia de la construcción de un mundo artificial preparado para satisfacer las necesidades.

Para analizar las características del cambio tecnológico debemos observar el modo de producción, es decir cómo y mediante qué instrumentos se fabrican los productos o artefactos. Las épocas históricas de la humanidad están caracterizadas por las herramientas o medios de producción que se utilizan para obtener un producto; se distinguen entonces: la edad de piedra, la edad de hierro, la edad de bronce, etc. En definitiva lo esencial no es el producto en sí, sino la manera cómo ese producto se fabrica. Estas herramientas han posibilitado la construcción de mecanismos de defensa y la modificación del mundo natural. Es así como podemos describir la técnica desde la aparición del hacha de piedra, el punzón de hueso, el arco, la posterior confección de los instrumentos para cultivar la tierra, la utilización de los animales de carga, la tracción animal, la palanca, la rueda y su consecuente desarrollo del transporte y la civilización urbana. Siguiendo con el avance tecnológico, se buscaron crear instrumentos para ahorrar esfuerzos, transmitir o transformar el movimiento como por ejemplo, el torno alfarero o la rueda. Los medios de producción, desarrollados y aplicados a la fabricación de bienes, determinaban sustancialmente la preponderancia de las civilizaciones, que eran capaces de sobrevivir, perdurar y mejorar debido a sus capacidades técnicas. Así se forjaron los grandes centros de civilización antiguos como Egipto, India, China, donde por ejemplo la metalurgia apuntalaba el desarrollo de las fuerzas

productivas.

Sin embargo, existe bastante consenso en cuanto que el advenimiento del verdadero 'sistema técnico' aparece con los Griegos. Indudablemente esta civilización aportó un incalculable 'salto' en el progreso de la humanidad. Su base principal consistió en la creación, a partir de una magnífica ejercitación del intelecto, de una 'base de conocimientos', que será utilizada en adelante, inclusive en el presente. La aparición de la noción de *ciencia* marca un hito que genera fundamentalmente mecanismos de pensamientos que sustentan la posibilidad de grandes descubrimientos. La continuidad histórica que constituyeron los romanos, no generó adelantos en las ciencias puras (matemáticas), pero pudieron aplicar y desarrollar las grandes realizaciones técnicas utilizando la inmensa base científica elaborada por los griegos. Es así como los romanos no tuvieron grandes matemáticos, pero dentro del campo de la técnica fueron capaces de realizar admirables obras públicas de ingeniería como carreteras, puertos, acueductos, baños, teatros, etc., y además alcanzaron una gran innovación organizacional con la confección del cuerpo jurídico conocido como Derecho Romano.

La técnica no siempre evolucionó favorablemente: así lo demuestran las experiencias vividas en los siglos IV y V, donde las grandes crisis provocadas por las invasiones bárbaras generaron retrasos en las formas productivas y desactivaron el progreso técnico lo que dio como resultado un descenso en los estándares de vida de la época. La reconstrucción entre los siglos V y XV estuvo motorizada por una intensa actividad técnica posible de desarrollar en gran medida por la base científica construida por los grecorromanos. Es así como en esa época se difunden en Europa el molino de agua, de viento, el telar, el arado con reja de hierro, la construcción de embarcaciones resistentes, etc.<sup>1</sup>.

El desarrollo técnico de la edad media condujo a las grandes transformaciones que caracterizan al mundo tecnológico actual. Puede entenderse que el intento por desarrollar fuentes de energías alternativas a la humana hicieron posible sentar las bases para conformar la sociedad industrial que deviene luego en la historia. A partir de la introducción y puesta en práctica de la energía hidráulica y posteriormente la eólica puede decirse que la sociedad medieval marca el comienzo de un sistemático y progresivo reemplazo del trabajo humano por el de las máquinas. En definitiva es sostenible y apropiado afirmar que el desarrollo de la energía hidráulica y animal

(principalmente el caballo) constituyeron la base del desarrollo económico del medioevo. Además, el medioevo marca el comienzo de la mecanización en el mundo, pues si bien la antigüedad conoció las máquinas no las había sistematizado para simplificar el trabajo humano. En este marco se sentaron las bases para la gestación del Renacimiento (siglos XV y XVI) y la posterior revolución industrial.

A partir de la evolución de la técnica, que se desarrollara notoriamente en estos siglos, se fue construyendo el mundo artificial en el que vivimos. Es de esta manera como intervinieron acontecimientos fundamentales y determinantes para apuntalar el desarrollo económico y/o tecnológico: el descubrimiento de América, la invención de la imprenta, el perfeccionamiento de las armas de fuego y de las construcciones navales entre otras; todo esto originó grandes cambios culturales dando lugar a lo que podríamos llamar una revolución científica entre cuyos actores destacados encontramos a: Copérnico, Galileo, Kepler, Newton, Bacon, Descartes... En este contexto y a partir del nacimiento de la ciencia basada en el método experimental, se resalta la influencia de la técnica, la que proporciona herramientas como el reloj, el telescopio, elementos de medición, etc., y se produce una verdadera revolución científico-tecnológica sustentada en los avances de la física y la mecánica.

De la consecución de estos logros resultó un significativo cambio en el esquema productivo apareciendo la manufacturación como método de producción superior al artesanado, donde el bien es producido por un conjunto de personas que dividen organizadamente las tareas (división organizada del trabajo). Sin duda, este hecho significó el primer salto espectacular en la productividad del trabajo, y junto con la introducción de las máquinas en el proceso de producción, inauguran la etapa industrial (Revolución Industrial), que posibilita la producción de bienes a gran escala. La técnica cambió en pocos años pasando de la artesanía a la manufactura y luego a la producción industrial, al tiempo que la máquina va ocupando espacios más importantes en la tecnología de producción.

Podrían nombrarse dos hechos técnicos que redefinen sustancialmente al sistema económico y las condiciones de vida: en primer lugar la invención y puesta en funcionamiento de la

<sup>1</sup> Ver Lynn White. "The expansion of Technology 500-1000" en *History of Europe*, Londres (1971), pag. 142-143, donde sostiene que durante el período de la Edad Media es cuando Europa forjó la capacidad técnica que, después del 1500 la capacitó para invadir el resto del mundo...

hiladora mecánica y el telar mecánico; y la máquina de vapor que transforma la energía calórica en energía mecánica. En suma, la posibilidad de disponer de grandes cantidades de energía mediante el uso de la máquina de vapor más la mecanización de actividades productivas a través de, por ejemplo, el convertidor Bessemer para la producción de acero en forma industrial, reconfiguraron la organización económica de la sociedad. De aquí en adelante el progreso tecnológico no se detuvo y se destacan grandes avances marcados por ciertos hechos como por ejemplo un gran salto hacia fines del siglo XIX con la electricidad para la iluminación y posteriormente para el uso industrial; luego el petróleo y los motores de combustión interna, y ya en la segunda mitad del siglo XX, la energía atómica. Con la irrupción de la electricidad, el petróleo y los motores de combustión interna deviene una nueva fase en la historia, conocida como segunda Revolución Industrial, que trajo aparejada entre otras cosas una revolución en los transportes, tanto terrestres y marítimos como la aparición del aéreo; en las comunicaciones en el empleo del tiempo libre, en la producción, etc..

Finalmente, llegamos al presente donde se están terminando de afianzar las modernas formas tecnológicas de producción y organización económico-social. La época actual se caracteriza por las nuevas tecnologías desarrolladas en el campo de: la microelectrónica, la informática, la biotecnología, las telecomunicaciones, los nuevos materiales, nuevas tecnologías aeroespacial y militar, etc. En este contexto podría hablarse de una tercera Revolución Industrial, donde el carácter sustantivo y diferenciador consiste no sólo en el reemplazo del trabajo físico o manual por la máquina, sino también en la sustitución de algunos aspectos del trabajo intelectual del hombre, sobre todo el rutinario y repetitivo, dejando más tiempo para el trabajo intelectual creativo, por programas y/o softwares de computadoras que permiten realizar esta labor de una manera mucho más veloz a mano o con una máquina de escribir tradicional. Por otra parte, existen grandes avances en cuanto a la posibilidad de transmitir diseños complejos de una punta a la otra del planeta cada vez con menores costos. El control numérico y las máquinas herramientas robotizadas caracterizan en general a la producción industrial moderna. Prácticamente, hoy en día todos los sistemas de producción están informatizados y operan intercambiando información; es por este motivo que las tecnologías que poseen relativamente más información se las considera como factores claves del desarrollo.

## 2. Nociones y definiciones básicas

Una vez que hemos echado un vistazo al desarrollo histórico de la problemática abordada, creemos que resultaría propicio desarrollar conceptos que se vinculan a: la tecnología, el progreso tecnológico, la innovación y la construcción de paradigmas tecnológicos o innovativos. Profundizar la noción de ‘tecnología’ es fundamental para comprender y sistematizar la economía y el funcionamiento del aparato productivo. Es decir, sabemos que el mundo se construyó, se construye y se seguirá construyendo con determinadas tecnologías.

### La tecnología

En primer lugar podemos definir a la tecnología como: ‘la forma en que se combinan instrumentos disponibles para la fabricación de bienes y servicios’. Asimismo, se entienden por tecnología<sup>2</sup> los procesos, los conocimientos que los sustentan, así como los productos resultantes de estos procesos, sean artefactos o servicios, que tienen como objetivo o función solucionar problemas técnicos sociales concretos, o en otras palabras, mejorar la calidad de vida. La tecnología integra técnicas con conocimientos científicos, valores culturales y formas organizativas de la sociedad, y está orientada a objetivos sociales predeterminados; no se la concibe como algo abstracto sin aplicación y abarca la suma de nuestros conocimientos que, de alguna manera, pueden ser utilizados para la resolución de problemas. Esta forma de encarar los problemas se divide en: el diseño de la acción a realizar, la concreción y la evaluación de la solución.

Es decir, las tecnologías evolucionan y permiten producir mejores y más cantidades de bienes. Desde los primeros hombres; que lograron ponerse de pie y dejar libres sus manos para arrojar piedras, luego pulirlas y perfeccionarlas, posteriormente producir el bronce y el hierro con técnicas rudimentarias, pasando por el desarrollo de la agricultura que los hizo sedentarios, hasta la mecanización y los tornos de control numérico o los avances en la implementación de la informática e inclusive la inteligencia artificial; se ha experimentado un larguísimo encadenamiento de aprendizajes que se han ido acumulando y evolucionando. Siempre se ha buscado la manera de resolver problemas para satisfacer necesidades, y en este afán de tratar de solucionar o alcanzar objetivos aparece la in-

novación, es decir el hombre descubre o inventa cosas y las aplica primero rudimentariamente, luego técnicamente y finalmente aplicando modernas y avanzadas tecnologías.

### El cambio tecnológico y la innovación

Una mirada bastante hacia atrás en el tiempo nos muestra que la producción total de bienes y servicios se ha multiplicado y/o potenciado muchísimas veces, cambiando inclusive la variedad y calidad de los productos y los procesos de producción. Esto es, el cambio tecnológico ha elevado el nivel de vida y ha aumentado la productividad. Al considerar que la producción de bienes requiere la combinación de factores o aplicación de una técnica y ciertos conocimientos, no podemos dejar de observar la evolución que conlleva a la continua superación de las tecnologías. En este sentido, los *cambios tecnológicos* se refieren a los cambios en la tecnología, es decir al invento de nuevos productos, a la mejora de los antiguos o a la modificación de los procesos utilizados para producir bienes y servicios. Existe cambio tecnológico cuando una técnica o conjunto de conocimientos técnicos nuevos permiten obtener un mayor nivel de producción con la misma cantidad de factores o cuando es posible obtener el mismo volumen de producción con una cantidad menor de factores. Esta idea de cambio tecnológico nos remite a la noción de *innovación*, la cual puede consistir en la introducción comercial de productos nuevos o mejorados (innovación de producto) o en el desarrollo de técnicas de producción nuevas o mejoradas (innovación de procesos).

El término innovación comienza a cobrar una relevancia particular a partir de Joseph Schumpeter (1883-1950). El argumento central es que la innovación tecnológica es el motor del desarrollo económico. La innovación para Schumpeter es un concepto mucho más amplio que la idea de la innovación tecnológica realizada por una empresa. En términos de este autor, la innovación se define como *la realización de nuevas combinaciones de los medios de producción*; esto puede deberse a la introducción de un nuevo artículo (producto no conocido) o a una nueva calidad de producto, también a la introducción de un nuevo método de producción que puede consistir por ejemplo en: una nueva forma de manejar comercialmente un producto, la conquista de una nueva fuente de suministro de materia prima o productos semifabricados, y/o la posible

<sup>2</sup> Definición extractada de Gay Ferreras ‘La educación tecnológica’, tec. 1996.

realización de una nueva organización de cualquier industria.

Schumpeter se refirió también a las innovaciones como causantes esenciales de las fluctuaciones cíclicas de la economía. En su artículo "Análisis del cambio económico"<sup>3</sup> parte de la premisa ya comprobada anteriormente por Clement Juglar, que revelaba la existencia de movimientos ondulatorios en el desarrollo de la sociedad capitalista. Explicaba asimismo, las fluctuaciones económicas enmarcadas en un análisis histórico detallado de los numerosos factores que concurren en cada caso. En este contexto, existirían fluctuaciones originadas en el comportamiento de las unidades económicas. Basándose en esta idea construye un modelo explicando el proceso económico en el tiempo, verifica su manifestación en forma de ondas y lo contrasta empíricamente. Para realizar este análisis aísla los factores externos tales como guerras, revoluciones, catástrofes naturales, etc. Es decir, demuestra que la presencia de fluctuaciones -debidas a innovaciones- son inherentes al proceso económico.

Un aporte sustancial a la teoría económica consistió en subrayar que el equilibrio<sup>4</sup> era perturbado periódicamente por el impulso de las innovaciones, las que proporcionarían "la única fuerza posible" de desarrollo, haciendo abstracción de los factores externos. En este sentido complementa, en cierta medida, la teoría del equilibrio significando que justamente al romper este equilibrio por la introducción de algo nuevo, se perciben signos de progreso al tiempo que se destruye el viejo esquema equilibrado.

Otro aspecto importante que emana del análisis schumpeteriano, es la transmisión de la idea de que al mismo tiempo coexistían procesos innovativos de distinta duración, que ejercerían todo su efecto con diferente grado de fuerza y amplitud. Aquí se distingue por medio de lo sucedido, en un momento histórico dado, el funcionamiento industrial según la existencia de lo que se conoce como ciclos de larga duración.<sup>5</sup> Los investigadores del ciclo económico consideran al ciclo de Kondratieff como la manifestación conjunta de un grupo de hechos representada por los movimientos a largo plazo de -por ejemplo la inversión, la ocupación, la tasa de interés, los precios, etc. En este contexto, Schumpeter distingue dentro de las dos unidades de Kondratieff, que él analizara, ciclos más cortos de seis a diez años de duración, que se encuentran igualmente bien diferenciados por la historia industrial. El denomina a estas fluctuaciones "ciclos de Juglar", debido a que fue este autor el que estableció a mediados del siglo XIX la existencia de movimientos ondulatorios característicos de la

economía capitalista. Inclusive en cada caso concreto, podía indicarse la industria e innovación particular causante del proceso de expansión y de la fase de reajuste<sup>6</sup>.

A su vez, observó que la mayoría de los ciclos de Juglar podían dividirse en subciclos con períodos de duración de 40 meses aproximadamente<sup>7</sup>.

En la obra de Schumpeter se observa que el crecimiento y el ciclo estaban indisolublemente vinculados, por lo menos en el modo capitalista de producción y, desde esta visión, *para suprimir los ciclos habría que eliminar las innovaciones que fueron la fuente de crecimiento*. Además de la explicación de estas largas tendencias históricas en términos de innovación, Schumpeter también explicó el proceso innovador en sí mismo. Definió a la innovación como un fenómeno de desequilibrio que requiere capacidades que sólo poseen unos pocos.

Al analizar<sup>8</sup> las macroconsecuencias de la innovación, el crecimiento económico y las fluctuaciones comerciales que acompañan invariablemente a los ciclos no se está construyendo en realidad una teoría predictiva, sino más bien se está tratando de explicar lo que sucedió, utilizando un particular instrumental teórico. Detrás de esta explicación se refleja el hecho de que las innovaciones, al igual que las mutaciones son impredecibles. El curso de la historia no está marcado por la masa agregada de innovaciones sino por las innovaciones individuales sobresalientes que dependen de la aparición aleatoria de individuos excepcionalmente dotados. La concepción schumpeteriana, en este sentido implica un progreso suave y armonioso por naturaleza, pero a su vez, contrariamente, reconoce que la evolución es desequilibrada, discontinua por naturaleza y que la falta de armonía es inherente al *modus operandi* de los factores de progreso. Esta esquematización de la realidad, se basaba en la premisa de que la historia del capitalismo está caracterizada por violentas explosiones y catástrofes, llegando efectivamente a la conclusión de que la evolución es una perturbación de las estructuras existentes y es más parecida a una serie de explosiones que a una transformación suave, aunque incesante.

En este contexto, Schumpeter<sup>9</sup> introduce la idea de la des-

<sup>3</sup> Ver Schumpeter, "Economic change", *Review of Economics Statistics*, Vol XVII N°4, mayo 1935, pp 2-10.

<sup>4</sup> Schumpeter se refería por un lado al equilibrio parcial como lo había definido Marshall en cuanto a un mercado en particular o una industria concreta donde no existe una tendencia a modificar la combinación óptima de factores. También se refería al equilibrio general de Walras, que implicaba que todos los consumidores que realizaban operaciones comerciales en la zona investigada, presentaban individualmente un estado de equilibrio.

trucción creadora la cual puede sintetizar la proposición referida a la destrucción y la creación, como móvil esencial en la confección de su teoría; en este sentido, es propicio citar textualmente algunas ideas de su obra: *“El capitalismo es por naturaleza un método de transformación económica, no es jamás estacionario, y no puede serlo nunca”*. Aquí, está pensando en una evolución del proceso capitalista como una transformación que no se detiene. *“El impulso fundamental que pone y mantiene en movimiento a la máquina capitalista procede de los nuevos bienes de consumo, de los nuevos métodos de producción y transporte, de los nuevos mercados, de las nuevas formas de organización industrial que crea la empresa capitalista”*. Analiza en este sentido las mutaciones comerciales como alterando la estructura económica desde dentro, *“destruyendo ininterrumpidamente lo antiguo y creando continuamente elementos nuevos. Este proceso de destrucción creadora constituye el dato de hecho esencial del capitalismo. En ella consiste en definitiva el capitalismo y toda empresa capitalista tiene que amoldarse a ella para vivir”*<sup>10</sup>.

### Paradigma tecnológico

El desarrollo de la economía a lo largo de la historia, se circunscribe dentro de ciertos patrones productivos característicos de cada época. En tal sentido, se introduce la noción de *‘paradigma tecnológico’*, lo cual remite a las técnicas fundamentales de producción de cada etapa de desarrollo. Varios autores explican los cambios tecnológicos desde esta postura,<sup>11</sup> y analizan los diversos paradigmas tecnológicos que se fueron manifestando a lo largo de la historia, de tal manera se describen las características de cada paradigma y las causas del salto tecnológico hacia otro.

Por ejemplo, el paradigma que se inició en los años veinte y que explicara el gran crecimiento de la pos segunda guerra mundial, se caracterizó fundamentalmente por el petróleo barato junto con los materiales energo-intensivos, especialmente los plásticos. Por su parte, el modelo organizacional era el de

producción masiva para productos homogéneos. Esto ha cambiado en nuestros días; hoy el uso intensivo de energía y materiales se ha vuelto relativamente caro dando lugar a una amplia disponibilidad de microelectrónica barata, lo que implica un bajo costo para el manejo de la información. Por su parte, se vienen manifestando avances en lo referente a la organización; en este sentido se propicia una fusión entre la producción, la administración y la comercialización en un solo sistema integrado (sistematización) para producir de manera *flexible* una amplia gama de bienes y servicios, ahora intensivos en información.

En este contexto, las ramas motrices del crecimiento serán presumiblemente el sector electrónico y el de la información. Las tecnologías basadas en materiales, energía y biotecnología tenderán a estar subordinadas al sistema tecnológico definido por la microelectrónica. Por eso es que las expectativas de desarrollo deberán ser analizadas en el marco del nuevo paradigma<sup>12</sup>. En otras palabras, el rasgo predominante del nuevo paradigma es la tendencia a aumentar el contenido de información en los productos, en vez del contenido energético o de materiales.

Debemos destacar que la moderna organización de la producción incorpora la posibilidad de realizar innovaciones mediante esfuerzos organizados de laboratorios científicos y técnicos. En tal sentido, aparece el concepto de Investigación y Desarrollo como una estrategia orgánica que emprende el sector productivo para inventar y llevar a la práctica tales inventos.

### 3. La Investigación y Desarrollo (I&D)

La importancia atribuida a la I&D como elemento clave para desencadenar los procesos de innovación varía en importancia de acuerdo con la modelización que se haga de la realidad. Es indudable que detrás de la I&D subyace la posibilidad de novedad o de creación. Ahora bien, lo primero que hay que remarcar es que la I&D es una medida de input y no de output. Y conlleva cierto grado de incertidumbre en lo relativo

por Kitchin y Crum publicados en *Review of Economics Statistics*, Vol V 1923, pp 10-26, y 17-29. Es preciso mencionar que estos estudios fueron realizados para el caso particular de Estados Unidos.

<sup>8</sup> Ver Schumpeter J. A. , *Business Cycles*, Nueva York, Mac Graw-Hill, 1939.

<sup>5</sup> Estos ciclos son conocidos como ciclos de Kondratieff. Los historiadores de la economía del siglo XIX han verificado la existencia de grandes ciclos, el primero va de 1783 a 1842, y a sido caracterizado como la fase de la revolución industrial; el período 1842-1897 se designa como la edad del vapor y del acero y especialmente como la época de la construcción de los ferrocarriles.

<sup>6</sup> Schumpeter menciona a D. H Robertson como al primer autor que asocia cada ciclo económico con alguna industria, Ver Robertson D. H “Study of Industrial Fluctuation”, *Journal of the Royal Statistical Society*, 1915.

<sup>7</sup> Estos ciclos cortos fueron definidos luego de estudios estadísticos realizados

a la tasa de retorno que pueda provocar.

En este contexto es imprescindible preguntarse qué es lo que incluye o de qué se está hablando cuando se menciona la I&D. Existen muchos intentos tendientes a elaborar indicadores que den cuenta de la I&D como fuente principal del esfuerzo que se realiza en distintas partes del mundo para llevar adelante la consecución e implementación de inventos.

A continuación se tratará de introducir cuáles son los esfuerzos realizados hasta el momento en torno a la construcción de indicadores que den cuenta de la I&D en los países. Esto es muy importante ya que muchas veces se hace mención a la I&D, pero no se especifica exactamente qué es lo que se incluye dentro de este concepto. Posteriormente se abordará la importancia que tiene la noción de I&D, y cuál es el rol que desempeña en el marco del proceso de innovación.

## Indicadores de I&D

Algunas respuestas concernientes a la construcción de indicadores pueden hallarse en el Manual de Frascatti<sup>13</sup>. Allí se define a la I&D en función de los recursos humanos y financieros dedicados a la I&D experimental los cuales se consideran datos básicos de entrada. De esta manera se intenta construir estadísticas que sirvan como importantes datos para evaluar los cambios tecnológicos, debiendo ser consideradas dentro de un marco conceptual que las relacione con los resultados que se espera obtener de ciertas actividades de I&D. Esta relación puede enmarcarse en un “proceso de innovación” o en un contexto más amplio de “inversión intangible” que incluye gastos en concepto de software, capacitación, organización, etc. Asimismo, es necesario que los datos sobre personal de I&D se consideren como parte de un modelo de capacitación y aprovechamiento del plantel científico y técnico.

Siguiendo con la especificación del concepto, es pertinente

<sup>9</sup> Ver *Capitalismo, Socialismo y Democracia* (1942), Traducción al español: Aguilar, México 1952.

<sup>10</sup> El entrecomillado ha sido transcripto textualmente de *Capitalismo Socialismo y Democracia*, op cit, pags.121 y 122.

<sup>11</sup> En especial los adscriptos a la teoría evolucionista: Freeman, Dosi, Rosenberg, Nelson. Ver por ejemplo: Carlota Perez “Las nuevas tecnologías; Una visión de conjunto” en *La tercera revolución industrial, Impactos internacionales del actual viraje tecnológico*, Ominani. C, RIAL Grupo Editor Latinoamericano, Anuario 1986

preguntarse qué tipo de formación y capacitación se incluye dentro de la noción de I&D. Surge aquí la necesidad de diferenciar la actividad de I&D de otras actividades, aceptando que esta posee un componente implícito de novedad apreciable que por lo general resuelve una incertidumbre científica y/o tecnológica<sup>14</sup>. Para que una actividad sea considerada I&D debe haber un proyecto de investigación orientado en algún ámbito o área determinada.

Un punto destacable es que se incluye dentro de la I&D a la investigación realizada por estudiantes de posgrado en las universidades, excluyéndose la capacitación recibida por el personal en las universidades e institutos terciarios. En este sentido es común, en muchos países, encontrar un estrecho vínculo entre la actividad de docencia y de investigación. En general muchos docentes realizan ambas actividades en el mismo ámbito universitario, además puede existir una retroalimentación entre ambas actividades. Por tal motivo, resulta extremadamente complejo disociar ambas actividades y es, en muchos casos, también bastante difícil establecer límites entre la enseñanza de rutina y las actividades investigativas<sup>15</sup>. Por otra parte es difícil establecer límites entre la capacitación y formación, que reciben los estudiantes de posgrado y sus maestros en relación con actividades de I&D que pudieran desempeñar. La lógica de esta cuestión radica en el hecho de que los alumnos de posgrado deben presentar una tesis que contenga elementos de novedad, que a su vez deben estar dirigidas por maestros especializados. En definitiva, esta interacción entre los tesisistas con sus directores implica claramente cierto grado de I&D, ya que la tarea y la supervisión pueden tener como resultados elementos de novedad científica. En los casos en que se presente esta situación, se los debe considerar como I&D, pero si en cambio el supervisor se limita a enseñar métodos de investigación o a la lectura y corrección de disertaciones o de trabajos de estudiantes no graduados, su actividad no se incluye como I&D. La formación personal de los académicos abarca tiempo dedicado a actividades propias, en este sentido sólo se debe considerar como parte de actividades de I&D, la formación personal llevada a cabo específicamente para proyectos de investigación.

En el caso de las instituciones dedicadas expresamente a la I&D, debe tenerse cuidado de no incluir las actividades secun-

<sup>12</sup> C. Perez, Microelectronics, “Long Waves and Structural Change: New Perspective for Developing Countries”, *World Development*, Vol 13, N°3, 1985, pp 441-463.

darias no dedicadas a la I&D como por ejemplo información científica y técnica, ensayos, control de calidad, análisis, etc. Pero, los servicios de información científica y técnica o de bibliotecas de laboratorios de investigaciones que se mantienen principalmente para uso de quienes trabajan en investigación se debe considerar como I&D. Y en cambio excluir a las actividades de bibliotecas de las universidades y los centros de documentación de una empresa, aunque se comparta la instalación con las unidades de investigación.

Lo que se acaba de describir remite a la variedad de conceptos que se engloban dentro de la I&D. Pareciera ser que existe una tendencia internacional motorizada por las propuestas de la OECD (manual de Frascati) que tienden a establecer criterios relativamente uniformes para la correspondiente contabilización y posible comparación internacional de indicadores.

#### La importancia de la I&D en el proceso de innovación

Las actividades de I&D pueden ser llevadas a cabo en cualquier etapa del proceso de innovación y pueden utilizarse como fuente de ideas originales y como una manera de resolver problemas. A su vez, se puede recurrir a la I&D en cualquier momento, o sea desde la formulación del proyecto hasta su instrumentación.

El papel fundamental que desempeña la I&D para propiciar el avance científico y tecnológico requiere de la manutención de importantes equipos de investigación que implican erogaciones de dinero que solo podrían ser afrontadas por grandes empresas. Por ejemplo, en el caso de las pequeñas y medianas empresas (PyME) se advierte la imposibilidad de afrontar el peso financiero para mantener un equipo de I&D. A pesar de que para la mayoría de las PyME no es necesario que el esfuerzo de renovación tecnológica sea permanente, se plantea una creciente necesidad de desarrollar innovaciones menores o incrementales asociadas a un proceso normal de producción a fin de asegurar su permanencia en el mercado.

En el marco del proceso de innovación, las actividades de I&D deben ser acompañadas por otras actividades como ser: el 'diseño' -que es una parte esencial del proceso- y que consti-

<sup>13</sup> Manual de Frascati (1993), Medición de las actividades científicas y tecnológicas; propuesta de norma práctica para encuesta de Investigación y Desarrollo experimental OECD.

tuye prototipos incluyendo dibujos y diseños que tienen por finalidad definir procedimientos; la 'adquisición' de maquinaria y los 'cambios' de herramientas, de procedimientos, métodos y normas de control de calidad y de producción para fabricar el nuevo producto o para usar el nuevo proceso; además, es importante la 'puesta en marcha' de la fabricación y la readaptación del personal a las nuevas técnicas; asimismo debe distinguirse entre la adquisición de 'tecnología no incorporada en el capital' (patentes, licencias, marcas, diseños, patrones y servicios con contenido tecnológico) de la 'tecnología incorporada' al capital que incluye la adquisición de maquinaria con contenido tecnológico. Por último resulta imprescindible, para cumplimentar el proceso innovativo, realizar las actividades vinculadas a la 'comercialización' de nuevos productos, incluyendo lanzamiento, pruebas de mercado, adaptación del producto a nuevos mercados y publicidad.

#### 4. Modelos de innovación

Tratamos de expresar, por medio de la modelización de los procesos de innovación, las distintas variables que influyen y las fuerzas con que dichas variables determinan ciertas causalidades inherentes a los procesos. Se observará que la concepción de los modelos van variando sustancialmente desde que Schumpeter lanzó la idea de la destrucción creadora, la cual se manifiesta debido a la genialidad de un empresario innovador. Actualmente se siguen continuamente reelaborando modelos que incorporan mayor número de variables y tratan de dar cuenta de las implicancias de los procesos innovativos sobre la performance de la economía en todos sus niveles. A partir de la comprensión de los modelos y de las concepciones que subyacen detrás de estos, se desprenden reflexiones y/o conclusiones válidas para la toma de decisiones en lo relativo al accionar político de los países.

Seguidamente se expondrán los modelos teóricos referentes a los procesos de innovación. Podemos razonablemente, pensar en dos formas de representar la innovación, según las direcciones causales y de implicancias que adoptan las variables. Si observamos a la innovación como un encadenamiento causal que establece un camino unidireccional, hablamos de modelos lineales, mientras que si pensamos en una causalidad

<sup>14</sup> Ver Manual Frascati (1993) *op. cit.*

<sup>15</sup> En el Manual Frascati se afirma que determinar si las actividades científicas derivadas de las actividades educativas o de capacitación se consideran o no I&D, presenta un problema difícil de resolver.

multidireccional, hablamos de modelos interactivos.

Este último caso ocurre como una superación de la modelización tradicional de la innovación, constituyen, sin duda, un importante avance en la teoría. Por tal motivo vemos viable describir a continuación las características generales de los modelos lineales, dejando planteadas algunas cuestiones que serán revisadas al abordar la modelización interactiva de la innovación en el apartado siguiente.

### Modelos lineales

La concepción schumpeteriana de la innovación constituyó un punto de partida fundamental para el desarrollo teórico de modelos que posteriormente se insertaron en el seno de la teoría económica. En los tiempos de Schumpeter la observación que se refería a las causas de porqué acaecía una innovación correspondía a la concepción del denominado modelo lineal.

La representación lineal del proceso de innovación constituye la primera modelización al respecto, sin embargo a partir de aquí se van a manifestar algunos avances teóricos que derivan en representaciones más adecuadas y sofisticadas de este proceso.

Para este modelo el proceso innovativo sigue una secuencia de fases bien señaladas y delimitadas que son: la investigación básica-fundamental, la investigación aplicada, el desarrollo, la producción y la comercialización o marketing. El impacto del proceso va de izquierda a derecha (ver gráfico 1.a) y en este modelo se destaca que en cada punto del proceso se produce un “*output*”.

**Gráfico 1.a.** Modelo lineal basado en el empuje de la ciencia (*science push*)

|                         |                           |                    |                     |                    |
|-------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Investigación<br>Básica | Investigación<br>Aplicada | Desarrollo         | Producción          | Marketing          |
| Publicaciones           | Patentes                  | Nuevos<br>Procesos | Nuevos<br>Productos | Nuevos<br>Mercados |

La investigación básica tiene como objetivo la producción de publicaciones que deriven en evoluciones y/o descubrimiento a nuevos mercados y publicidad.

## 4. Modelos de innovación

Tratamos de expresar, por medio de la modelización de los procesos de innovación, las distintas variables que influyen y las fuerzas con que dichas variables determinan ciertas causalidades inherentes a los procesos. Se observará que la concepción de los modelos van variando sustancialmente desde que Schumpeter lanzó la idea de la destrucción creadora, la cual se manifiesta debido a la genialidad de un empresario innovador. Actualmente se siguen continuamente reelaborando modelos que incorporan mayor número de variables y tratan de dar cuenta de las implicancias de los procesos innovativos sobre la performance de la economía en todos sus niveles. A partir de la comprensión de los modelos y de las concepciones que subyacen detrás de estos, se desprenden reflexiones y/o conclusiones válidas para la toma de decisiones en lo relativo al accionar político de los países.

Seguidamente se expondrán los modelos teóricos referentes a los procesos de innovación. Podemos razonablemente, pensar en dos formas de representar la innovación, según las direcciones causales y de implicancias que adoptan las variables. Si observamos a la innovación como un encadenamiento causal que establece un camino unidireccional, hablamos de modelos lineales, mientras que si pensamos en una causalidad multidireccional, hablamos de modelos interactivos.

Este último caso ocurre como una superación de la modelización tradicional de la innovación, constituyen, sin duda, un importante avance en la teoría. Por tal motivo vemos viable describir a continuación las características generales de los modelos lineales, dejando planteadas algunas cuestiones que serán revisadas al abordar la modelización interactiva de la innovación en el apartado siguiente.

### Modelos lineales

La concepción schumpeteriana de la innovación constituyó un punto de partida fundamental para el desarrollo teórico de modelos que posteriormente se insertaron en el seno de la teoría económica. En los tiempos de Schumpeter la observación que se refería a las causas de porqué acaecía una innovación correspondía a la concepción del denominado modelo lineal.

La representación lineal del proceso de innovación constituye la primera modelización al respecto, sin embargo a partir de aquí se van a manifestar algunos avances teóricos que derivan en representaciones más adecuadas y sofisticadas de este

proceso.

Para este modelo el proceso innovativo sigue una secuencia de fases bien señaladas y delimitadas que son: la investigación básica-fundamental, la investigación aplicada, el desarrollo, la producción y la comercialización o marketing. El impacto del proceso va de izquierda a derecha (ver gráfico 1.a) y en este modelo se destaca que en cada punto del proceso se produce un “output”.

**Gráfico 1.a.** Modelo lineal basado en el empuje de la ciencia (*science push*)

|                         |                           |                    |                     |                    |
|-------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Investigación<br>Básica | Investigación<br>Aplicada | Desarrollo         | Producción          | Marketing          |
| Publicaciones           | Patentes                  | Nuevos<br>Procesos | Nuevos<br>Productos | Nuevos<br>Mercados |

La investigación básica tiene como objetivo la producción de publicaciones que deriven en evoluciones y/o descubrimientos científicos tales como fórmulas, teoremas matemáticos, etc., los cuales se puedan utilizar en otras disciplinas, que los apliquen para mejorar o cambiar sus procesos de producción. En este sentido la investigación aplicada produce patentes y derechos de autor, luego del descubrimiento de nuevos productos o procesos. En este esquema, la fase de desarrollo tiene como objetivo la producción de nuevos procesos y la fase de producción tiene como objetivo la elaboración de nuevos productos, y por último el marketing es el abocarse a la conquista de nuevos mercados.

Este modelo expresa una notoria demarcación y evidente distinción entre la sucesión de cada una de las fases que lo componen. Cada etapa o fase produce un “output” que es utilizado como “input” en la etapa siguiente. Siguiendo con este esquema de pensamiento se puede ejemplificar el proceso imaginando una carrera de postas en la cual cada corredor entrega el testimonio al corredor siguiente e inmediatamente se detiene y el otro atleta toma la posta para continuar corriendo<sup>16</sup>. De esta misma manera se repiten los movimientos en cada punto de entrega del testimonio hasta que por fin se llega a la meta que representa la innovación. El “proceso” está construido de tal forma de que cada participante tiene que cumplir

un rol específico bien definido.

La innovación tecnológica se entiende como una sucesión de hechos que dan cuenta de una situación novedosa y si afirmamos que la innovación tecnológica es un proceso, hay que incluir no sólo la investigación y el desarrollo realizado originalmente en un laboratorio sino también las distintas fases que siguen a esta primera, hasta su final aceptación en el mercado. En suma, resulta de suma importancia considerar la innovación como un proceso, ya que estas actividades son de gran complejidad e involucran no sólo el hecho aislado de inventar, sino más bien una consecución de fases determinadas por: descubrimiento, invención, innovación, difusión y aceptación comercial.

Antes de adentrarnos en otra posible modelización es conveniente destacar una cuestión importante: en un proceso de innovación, el período que transcurre desde un nuevo desarrollo realizado en un centro de investigación hasta su aceptación comercial, puede llegar a ser demasiado extenso. Un ejemplo en este sentido puede ser el láser cuyos intentos iniciales de desarrollo fueron elaborados por Einstein a comienzos de siglo pero sus primeras incursiones en el mundo productivo tuvieron lugar hacia 1960. A partir de entonces se conocieron aplicaciones del láser extremadamente diversas.

La innovación contribuye al proceso de cambio tecnológico que en los últimos años se ha acelerado en forma vertiginosa. Esta situación responde no sólo al acortamiento de los plazos entre la fase inicial y final del proceso de innovación, sino también a la creciente importancia que le asignan a la I y D los centros estatales y universidades de los países desarrollados. A su vez la necesidad de descubrir “lo nuevo” para sobrevivir en un mundo cada vez más competitivo hace indispensable la inversión en I y D como estrategia de crecimiento. En este contexto es importante destacar la imprevisibilidad de la innovación, involucrando a entidades no homogéneas que pueden penetrar al sistema económico-productivo en cualquier momento.

Estas últimas proposiciones nos dan la pauta de que la innovación se produce de acuerdo con la manifestación conjunta de varios factores y la I&D. Es decir se admite una definición interactiva del proceso de innovación.

En este contexto podemos mencionar otros aportes que modificaron en parte la concepción lineal.

Al respecto resulta interesante citar a un autor austríaco

llamado Schmookler<sup>17</sup>, quien intentó contrastar la hipótesis que implicaba la existencia de un modelo lineal de innovación a partir de un enorme trabajo estadístico que realizó relevando una serie de invenciones ocurridas durante el siglo XIX. Schmookler releva las patentes inscritas en los EE.UU. desde 1850 aproximadamente. La conclusión, a la que llega luego de este gran trabajo, es que el proceso de innovación ocurre en forma lineal pero en sentido contrario (de izquierda a derecha). Es decir, no es la ciencia y la tecnología o la I&D la que empuja al mercado sino el propio mercado el que tira de la tecnología y la ciencia. Esto constituye, sin duda, una evolución respecto del pensamiento lineal tradicional. En este sentido el autor en una de sus conclusiones expresa: “Lo esencial es que los incentivos para realizar un invento al igual que el incentivo para la producción de cualquier otro bien es afectado por el exceso de los rendimientos esperados sobre los costos esperados. El progreso científico puede disminuir los costos esperados y aumentar la probabilidad de que un cierto invento se efectivice, aunque cada invento tenga costos fijos, y los beneficios esperados del invento cambian según las circunstancias sociales y de *mercado*” ... “Los descubrimientos científicos previos son en ocasiones condiciones necesarias para la invención, pero raras veces son condiciones suficientes”<sup>18</sup>.

Un conocido ejemplo del trabajo de Schmookler para demostrar el sentido de la causalidad que explica la determinación del proceso innovativo, consistió en averiguar cuál fue la invención más patentada en el siglo XIX. Sorprendentemente el resultado de este trabajo arrojó datos intuitivamente inesperados ya que la mayoría de los patentamientos de la Época no estuvieron relacionados, por ejemplo con el campo de la electricidad, ni con la siderurgia, etc., sino que las invenciones más patentadas en el siglo XIX se corresponden con las herraduras para caballo. La razón más profunda de este hecho se debe, principalmente, a que en el siglo XIX se verifica un marcado crecimiento de necesidades en materia de transporte. En tal sentido la apertura de nuevas rutas, la utilización de nuevos materiales como por ejemplo el cemento y el ripio y, en general, una explosión de tal mercado, que había atraído las invenciones hacia el medio más utilizado para trasladarse, por entonces afincado en el uso del caballo. Los inventores de la época patentaron muchas ingeniosas variedades de herradura

<sup>16</sup> Este ejemplo fue brindado por el profesor Patrick Cohendet en el seminario: “Las nuevas representaciones de los procesos de innovación y sus consecuencias”, dictado los días 15 y 18 de noviembre de 1996 en la Secretaría de Ciencia y Tecnología, Buenos Aires.

ras, inclusive de goma, con frenos, adaptadas a los materiales especiales, etc.

Consecuentemente, en este caso, el planteo teórico consiste en que la apertura de los mercados tiró de la investigación. Este, es el segundo modelo -que continúa siendo lineal- y del cual disponemos a partir de la segunda mitad de los años sesenta.

Esta versión de la concepción lineal de la innovación se conoce como enfoque de “*demand pull*” (tracción de demanda) (gráfico 1.b). Posteriormente emergieron variados cuestionamientos acerca del esquema de funcionamiento de la estructura lineal, lo que dio origen a la postulación de un modelo interactivo.

**Gráfico 1.b.** Modelo lineal basado en la tracción de la demanda (*demand pull*)

| Investigación<br>Básica | Investigación<br>Aplicada | Desarrollo         | Producción          | Marketing          |
|-------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| Publicaciones           | Patentes                  | Nuevos<br>Procesos | Nuevos<br>Productos | Nuevos<br>Mercados |

## 5. Avances en la modelización del proceso innovación: la visión interactiva

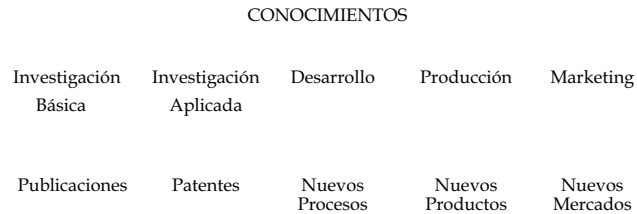
A partir de la concepción lineal, se desarrollan una serie de avances teóricos que acaban por derivar en un importante aporte conocido como el modelo de Kline y Rosemberg<sup>19</sup>, denominado “*chain-link model*” (gráfico 2) cuyo aporte fundamental establece que el proceso de innovación no es lineal sino interactivo.

En la representación del modelo interactivo se encuentran los mismos actores que teníamos antes, o sea la investigación básica, la investigación aplicada, etc. Estas diferentes etapas están ligadas unas a otras de una forma lineal denominadas cadenas cortas. Pero lo que es completamente nuevo es que Kline y Rosemberg analizan el proceso de innovación conside-

<sup>17</sup> Ver Schmookler, J. (1966), *Invention and economic growth*, Cambridge Harvard University Press, y Schmookler, J., “Economic sources of inventive activity”, *Journal of Economic History*, marzo 1962, pp 1-20.

rando los vínculos mucho más extensos entre los diferentes actores. La idea fundamental es que por ejemplo la investigación básica y el marketing interactuarán en el proceso de innovación y claramente la producción puede interactuar directamente con la investigación aplicada.

**Gráfico 2.** Ilustración del modelo interactivo del proceso de innovación (*chain-link model*, Kline y Rosemberg, 1986)<sup>20</sup>



Esta representación involucra a todas las cadenas largas y separadas correspondientes a todas las vinculaciones posibles entre los diferentes actores del proceso de innovación. Resulta novedoso que los *outputs* de las distintas etapas de este proceso puedan ser utilizados como insumos por todos los actores del proceso.

Otro punto muy importante es que todos los actores y la sociedad en general reposan sobre un conjunto de conocimientos con los cuales se interactúa constantemente, es decir se realiza un fluido intercambio con el stock existente de conocimientos al mismo tiempo que se elaboran y agregan otros nuevos conocimientos.

Se habla de un proceso interactivo de innovación atendiendo a una situación de ida y vuelta entre las fases del proceso innovativo que va no sólo en dirección lineal desde el invento o descubrimiento a la comercialización (*science push*) sino también de adelante hacia atrás, generando una constante retroalimentación entre los distintos participantes del proceso.

En este sentido, hay que destacar a las asociaciones referidas a los procesos en el interior de una empresa o de un grupo de empresas estrechamente vinculadas por una red interconectada y las relaciones entre las empresas con el sistema cien-

tífico tecnológico con el cual interactúan. La cuestión clave apunta a resolver una retroalimentación fluida entre el conjunto de los conocimientos científicos y tecnológicos con las demandas y propuestas de los demás sectores. Consecuentemente, los resultados obtenidos del proceso innovativo no sólo son generados por un eventual departamento de investigación de una empresa, sino que también se deben al esfuerzo coordinado de los miembros de la firma en sus distintos niveles y de las sugerencias recibidas por los destinatarios del producto.

Estos autores obtienen conclusiones novedosas tales como que el estadio inicial en la mayoría de las innovaciones no es la investigación sino más bien los diseños, y tales diseños se refieren a invenciones o diseños analíticos. El término diseño analítico se utiliza para denotar estudios sobre las nuevas combinaciones de productos y componentes existentes o el rediseño de los procesos.

Asimismo en el análisis de Kline y Rosemberg se especifica que la ciencia tiene dos partes principales que afectan directamente a la innovación aunque cumpliendo diferentes roles. Estas dos partes corresponden por un lado a la acumulación de conocimientos en el marco de la física, la biología y las ciencias naturales y sociales, las que conforman un ingrediente de gran tamaño en las innovaciones corrientes. Resulta impensable que las innovaciones tecnológicas introducidas tengan éxito si no se apunta a la significativa utilización de *inputs* derivados de la previa acumulación de conocimientos científico-tecnológicos y otras formas de pensamiento. Pero este conocimiento ya está incorporado en la gente que conforma las organizaciones innovativas pudiendo acceder a la información de manera fácil y rápida. La investigación se necesita, sólo cuando todas estas fuentes de conocimiento acumulado son inadecuadas para la tarea cotidiana. Sin embargo, si bien la investigación puede generar innovaciones mayores, esta es más frecuentemente utilizada para solucionar problemas o pequeños inconvenientes productivos. Dicha situación puede presentarse a lo largo de la cadena de innovación, desde el diseño inicial hasta la etapa final del proceso de producción. Se destaca que al comienzo de la cadena predomina la investigación proveniente de la ciencia básica, posteriormente la investigación se vuelca hacia las aplicaciones. La investigación aplicada, en muchos casos no asume el carácter de científica y es induda-

<sup>18</sup> En Schmookler (1962). *op. cit.*

<sup>19</sup> Kline, S.J. y Rosemberg, N. (1986). "An Overview of Innovation", in National Academy of Engineering, *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, The National Academy Press, Washington D.C.

blemente subestimada por el modelo lineal. Con la introducción del modelo interactivo se da un importante salto cualitativo en la explicación de los procesos de innovación. Kline y Rosemberg indican cinco condiciones que son de suma importancia en la visualización del proceso de innovación. Estas son:

- 1) Numerosos feedbacks en la cadena y coordinación de la Investigación y Desarrollo con la producción y el marketing.
- 2) Cadenas laterales de investigación a lo largo de la cadena central de innovación.
- 3) Largos encadenamientos genéricos de investigación como backup de la innovación.
- 4) Potenciación completa de los nuevos procesos desde la investigación.
- 5) Un mayor soporte de la ciencia en sí misma de los productos provenientes de actividades innovativas, por ejemplo por medio de las herramientas e instrumentos disponibles en Tecnología.

En suma, la forma de pensar el proceso de innovación fue transformándose en las últimas décadas desembocando en la concepción interactiva. En tal sentido, creemos que lo más destacable es que todos los actores y la sociedad en general reposan sobre un conjunto de conocimientos con los cuales se interactúa constantemente, es decir se realiza un fluido intercambio con el stock existente de conocimientos al mismo tiempo que se elaboran y agregan nuevos conocimientos. A partir de la gran filosofía de Kline y Rosemberg se observa el proceso de innovación no solo desde un cierto lugar sino más bien desde varios ángulos y se acepta que este proceso será tanto más potente y enriquecedor cuando los eslabones estén bien y más apretados, es decir cuando los individuos realicen una mejor interacción unos con otros, al tiempo que estén mejor conectados con la base o stock de conocimientos.

## 6. Resumen y reflexiones

<sup>20</sup> La ilustración presentada no se corresponde exactamente con la original de Kline y Rosemberg *op. cit.* pag. 290. Se trató de adaptarla para explicar simplemente las relaciones claves. Esta ilustración es citada además en numerosas obras como por ejemplo: OECD (1992) *La Technology et L'Économie. Les relations déterminantes*, pag.28; OECD (1996), *Manual de Oslo* pag 26; Malecki E. (1991), *Technology and Economic Development*, Longman Scientific & Technical, entre otros.

Se han abordado las principales nociones y definiciones necesarias de utilidad para el estudio de la economía de las innovaciones.

Nuestro punto de partida consistió en resaltar cómo mediante la utilización de instrumentos y máquinas (tecnología) se va construyendo un mundo cada vez más dinámico y complejo. Además, tratamos de entender cómo la construcción tecnológica se lleva a cabo en el marco de ciertos paradigmas.

El concepto de innovación adquiere relevancia teórica a partir de los estudios de Schumpeter. Para este autor la innovación constituía la causa clave del progreso y desarrollo del sistema económico, el que tiene un “desenvolvimiento” estimulado por la “destrucción creadora” de los empresarios e investigadores exitosos. En este sentido, la innovación se produce gracias a la genialidad de un individuo al que se le ocurre una gran idea y logra llevarla a la práctica. De esta filosofía se desprende la modelización de la innovación como un proceso “lineal” que se produce debido a una invención, que sigue una sucesión de pasos hasta su aplicación final y/o utilización comercial. Otra forma alternativa de considerar la óptica lineal es la que proviene también de un gran invento, pero con la característica de que su ocurrencia se debe a que las condiciones de mercado estimularon al inventor a estudiar y desarrollar innovaciones en un sector premiado con beneficios altos.

De estas conceptualizaciones lineales se desprende que la innovación ocurre porque en algún lugar aislado existen esfuerzos, imaginación y creación. Es decir, existen científicos y/o investigadores que realizan tareas de I&D.

Posteriormente, aparece la visión interactiva del proceso de innovación, indiscutiblemente superadora de la concepción lineal. En síntesis, en este modelo la innovación ocurre debido a la interacción conjunta de todos los participantes del proceso económico. Es decir, ya no sólo cuenta la genialidad, imaginación y espíritu creativo de los investigadores, sino que también es posible que el hecho innovativo empiece a ocurrir en cualquier punto del sistema.

Esta distinción en las modelizaciones son claves para entender la variación en la conducta de muchas empresas innovadoras, que justamente son performantes y llevan la delantera en este sentido porque buscan constantemente lo nuevo en todos los sectores de la firma e inclusive se relacionan con otras empresas e instituciones con el propósito de alimentar este objetivo.

Además, es fundamental observar que el hecho de pensar en uno y otro modelo trae consecuencias bastante diferentes en cuanto a la acción que debe emprender el sector público para alentar con los procesos innovativos.

En este contexto, es importante destacar que en el antiguo modelo lineal la I&D a nivel de firma se elabora en el departamento de una gran empresa, desde donde se impulsan las innovaciones y se dirige su aplicación hacia los niveles no jerarquizados, no dejando margen posible a los técnicos, obreros, etc., para introducir ideas. En este contexto, la función centralizada de la I&D se desenvuelve a la par con una integración vertical y horizontal en el seno de estructuras empresariales jerarquizadas. En el modelo interactivo, la integración facilita la circulación entre el laboratorio de I&D y los encargados de aplicar la nueva tecnología y posibilita asimismo limitar las fugas de información fuera de la firma. En el marco del modelo lineal se observaba frecuentemente que los laboratorios de I&D solo estaban preocupados por generar conocimientos, al tiempo que se hallaban desconectados de los problemas cotidianos de la producción. Es en firmas japonesas donde primero aparece un reconocimiento a la necesidad de interacción, estimulándose las relaciones de ida y vuelta entre los actores del proceso y procurando, simultáneamente, una participación de 'todos' los miembros de la firma en el proceso de innovación. Asimismo se plantea la necesidad de una cooperación interempresaria en caso de que una firma dada necesite competencias externas complementarias.

Si se piensa en términos del modelo lineal se advierte que invirtiendo en investigación básica se pueden esperar resultados al final del proceso, lo cual implica que para lograr los objetivos propuestos hay que promover la I&D y esperar que se manifiesten las innovaciones. Por otra parte introduciendo la lógica interactiva se obtienen conclusiones totalmente diferentes, lo que remite a otra forma de encarar el tema, tanto desde la perspectiva pública como privada. Por ejemplo, uno de los roles esenciales del sector público consistiría en promover y reforzar las relaciones o interconexiones y la movilidad entre los diferentes actores provocando la manifestación de vínculos bien entramados o cerrados y en segundo lugar, procurar que todos los actores puedan acceder con facilidad a la base de conocimientos creada por la sociedad, al mismo tiempo que aportar sus conocimientos a la base existente. En este sentido este modelo engrandece el rol de la política pública, la cual debe tender a crear y conservar esas interconexiones e intensificarlas asegurando la distribución del conocimiento.

<sup>21</sup> Ver Kline y Rosemberg (1986) op. cit. pp 302-303.

### Conceptos claves

tecnología, innovación tecnológica, paradigma tecnológico, proceso de innovación, investigación & desarrollo, modelo lineal, modelo interactivo.



# Índice

Introducción, 1

1. Una mirada histórica, 2

2. Nociones y definiciones básicas, 7

La tecnología, 7

El cambio tecnológico y la innovación, 8

Paradigma tecnológico, 12

3. La Investigación y Desarrollo (I&D), 14

Indicadores de I&D, 14

La importancia de la I&D en el proceso de innovación, 17

4. Modelos de innovación, 18

Modelos lineales, 18

5. Avances en la modelización del proceso innovación, 23

6. Resumen y reflexiones, 27