
EN BUSCA DE UNA TEORÍA ÚTIL DE LA INNOVACIÓN

Richard Nelson y Sidney Winter

Tomado de *Research Policy* 6, 1977, 36-76. Este artículo se benefició de la beca No. GS 35659 de la NSI y de una subvención de la Sloan Foundation a la Universidad de Yale. Presentamos una versión anterior en una conferencia dictada en Cambridge durante el verano de 1975. Traducción de Alberto Supelano.

Resumen

Nelson, Richard y Winter, Sidney, "En busca de una teoría útil de la innovación", Cuadernos de Economía, v. XIX, n. 32, Bogotá, 2000, páginas 179-223.

Con este artículo clásico, los profesores Nelson y Winter dieron inicio a la corriente evolutiva de estirpe schumpeteriana para el análisis de los procesos de innovación tecnológica. Su propuesta metodológica mostró la necesidad de abordar el cambio tecnológico con un enfoque menos formal —como el que aún predomina en la economía— y de elaborar una teoría fundamentada empíricamente que explicara los procesos de innovación concretos y reales, como el que ilustra el ejemplo de la química de colorantes sintéticos. Este trabajo muestra que este enfoque permite integrar elementos de otras disciplinas, los cuales no se pueden reducir al postulado de la racionalidad optimizadora. Este texto es un documento fundamental en la historia del análisis del cambio técnico y la innovación tecnológica, y es un punto de referencia imprescindible para todo aquél que se interese en el tema.

Abstract

Nelson, Richard y Winter, Sidney, "In search of a useful innovation theory", Cuadernos de Economía, v. XIX, n. 32, Bogotá, 2000, pages 179-223.

With this classic article, Professors Nelson and Winter launched the evolutionary approach, of Schumpeterian lineage, for the analysis of technological innovation processes. Their methodological proposal showed the need to tackle technological change with a less formal approach than that which is still dominant in economics, and to construct an empirically founded theory which would explain real, concrete innovation processes, such as the one they illustrate with the example of the chemistry of synthetic colorants. This paper shows that this approach allows the integration of elements of other disciplines, which cannot be reduced to the postulate of optimizing rationality. This text is a fundamental document in the history of the analysis of technical change and technological innovation, and is an essential point of reference for all who are interested in the topic.

INTRODUCCIÓN

Este ensayo revisa algunos aspectos escogidos de la visión teórica predominante en el campo de la innovación y sugiere algunas direcciones que pueden ser útiles para construir una estructura teórica que oriente las reflexiones de política. Usamos el término innovación para designar los diversos procesos a través de los cuales evolucionan las tecnologías a lo largo del tiempo. Por teoría entendemos un esquema intelectual coherente que integre el conocimiento existente y permita hacer predicciones que vayan más allá de los hechos particulares. Para que el conocimiento académico ayude a discernir las posibles orientaciones de política, la teoría debe ser tan amplia que incluya y relacione las variables pertinentes y sus efectos, y tan sólida que sugiera lo que puede ocurrir si cambian algunas de esas variables.

Cuando tratan de diseñar políticas para una red de fenómenos sociales tan compleja como la innovación, los funcionarios inteligentes acuden a la asesoría de la comunidad académica. Por cierto, las investigaciones de los economistas y otros científicos sociales han tenido un gran impacto en las reflexiones de política recientes. En Estados Unidos, las audiencias del Congreso sobre política de ciencia y tecnología y los discursos de los altos funcionarios en este campo abundan en 'datos', descubiertos por los economistas, que muestran el importante papel del avance tecnológico, en el aumento de la productividad, como fuente de ventajas comparativas, etcétera. El Comité Económico Conjunto del Congreso de los Estados Unidos encomendó una revisión de esta literatura [Gilpin 1975]. El concepto de externalidad se esgrime con frecuencia en la discusión de políticas tanto en el Reino Unido como en los Estados Unidos y forma parte de la retórica empleada por la OCDE [King 1974].

El actual diálogo sobre la política de innovación parte de dos premisas. La primera afirma que el avance tecnológico ha sido un poderoso instrumento para el progreso humano, y la segunda, que tenemos suficientes conocimientos para orientar los instrumentos hacia objetivos de alta prioridad. La primera es irrefutable, la segunda puede ser presuntuosa. Aunque la atención que los políticos han prestado a los académicos es halagüeña, creemos que la comunidad académica tiene mucho menos que decir sobre una política de innovación adecuada de lo que piensan algunos de sus miembros. La teoría predominante no tiene el alcance ni la solidez necesarios para indicar cuáles variables pueden llegar a cambiar o predecir confiablemente el efecto de cambios significativos.

En estas críticas están implícitas varias ideas sobre el carácter de los principales problemas de la política de innovación que en esencia son las siguientes.

Primera, hasta ahora los objetivos de política sólo se han definido como un estímulo general más efectivo al avance tecnológico que no fija metas más selectivas. El avance tecnológico ha sido extremadamente desigual entre sectores económicos y entre industrias. El cuadro 1, tomado de Kendrick [1973], muestra las grandes variaciones intersectoriales en el crecimiento de la productividad total de los factores y en la productividad del trabajo experimentadas en el período 1948-1966. En Kendrick [1961] ya se habían presentado evidencias de estas notorias diferencias e incluso antes, en los trabajos de Salter [1966] y Schmookler [1952]. Este fenómeno parece predominar tanto en Estados Unidos como en otros países; donde se dispone de otros indicadores o índices de progreso tecnológico, éstos muestran correlaciones razonables con los indicadores de productividad y una dispersión similar entre industrias.

Las consecuencias del desbalance entre las tasas de aumento de la productividad han sido profundas. Ha habido un fuerte aumento de costos y precios relativos en los sectores con lento crecimiento de la productividad, y hay mucho descontento con el desempeño de la industria de vivienda, las industrias de servicios y de servicios públicos tales como la recolección de basuras y la limpieza de las calles.¹ Por otra parte, hay una

1 Hendrick [1961, 1973] y Salter [1966] presentan análisis cuantitativos de la relación entre crecimiento relativo de la productividad y cambios en los precios relativos. Baumol [1967] analiza el malestar asociado a las industrias con lento crecimiento de la productividad.

CUADRO 1
AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EL SECTOR PRIVADO
POR INDUSTRIAS Y GRUPOS DE INDUSTRIAS
1948-1966

	Porcentaje anual	
	Productividad total de los factores	Producción por trabajador
<i>Sector privado doméstico</i>	2.5	3.1
<i>Agricultura</i>	3.3	5.6
<i>Minería</i>	4.2	4.6
Metales	2.4	2.9
Carbón	5.2	5.8
Petróleo crudo y gas natural	3.2	2.3
No metálicas y canteras	2.6	3.2
<i>Construcción</i>	1.5	2.0
<i>Manufacturas</i>	2.5	2.9
No durables	2.6	3.2
Alimentos, excepto bebidas	3.0	3.4
Bebidas	2.2	2.9
Tabaco	1.1	2.7
Textiles	4.0	4.3
Vestuario	1.9	2.2
Papel y productos de papel	2.5	3.0
Impresión	2.7	2.7
Químicos	4.9	6.0
Refinación de petróleo	3.0	5.5
Productos de caucho	3.9	4.0
Productos de cuero	1.7	1.7
Durables	2.4	2.8
Madera	3.5	3.9
Muebles	2.9	2.9
Piedra, arcilla y vidrio	2.4	3.2
Productos metálicos primarios	1.6	2.1
Metales procesados	1.9	2.2
Maquinaria, excepto eléctrica	2.6	2.7
Maquinaria eléctrica	3.7	4.1
Equipo de transporte	3.2	3.2
Instrumentos	2.9	3.7
Misceláneos	3.5	4.0
<i>Transporte</i>	3.4	3.7
Férreo	5.2	5.8
No férreo	2.1	2.3

(Continúa en la página siguiente)

(Continuación del cuadro 1)

	Porcentaje anual	
	Productividad total de los factores	Producción por trabajador
Ferrocarriles locales y líneas de buses		1.0
Pasajeros intermunicipales		1.5
Carga intermunicipal		3.1
Transporte de agua	0.5	0.7
Aéreo	8.0	8.2
Oleoductos		9.1
Comunicaciones y servicios públicos	4.0	5.8
Comunicaciones	3.8	5.5
Electricidad, gas y servicios sanitarios	3.9	6.1
Electricidad y gas	4.9	7.1
Comercio	2.5	2.9
Mayorista	2.5	3.1
Minorista	2.4	2.7
Finanzas, seguros y bienes raíces	N.D	2.1
Excepto hogares, incluye empresas del gobierno	N.D	1.2

Fuente: Kendrick [1973], cuadros 5.1 y 5.5.

aparente sensación de saciedad en el caso de muchos bienes y servicios producidos por los sectores con rápido aumento de la productividad. Al mismo tiempo, hay una reacción *dejà vu* con respecto a la próxima generación de aviones supersónicos comerciales, y una imperiosa necesidad de mejorar los ferrocarriles.

Segunda, aunque se acepte el argumento anterior no será fácil encontrar instrumentos de política adecuados. Las medidas macro no son adecuadas: propuestas tales como un crédito tributario a investigación y desarrollo en general —hoy de moda en el debate norteamericano— están fuera de lugar. Las políticas se deben diseñar para que incidan en sectores y actividades económicas particulares, y a este respecto el problema político esencial consiste en mejorar o rediseñar las instituciones más que en lograr, *per se*, asignaciones dadas de recursos. La mejora de los ferrocarriles no puede lograrse financiando unos pocos proyectos de investigación y desarrollo bien definidos. La política de investigación debe orientarse, más bien, a establecer instituciones que asignen recursos adecuadamente a través del tiempo y en distintas circunstancias.

Tercera, el carácter de la estructura institucional adecuada para la generación, selección y efectiva explotación de las innovaciones depende de las tecnologías involucradas, de la naturaleza de la demanda de bienes y servicios y de las características de las organizaciones que los proporcionan. Estas variables básicas difieren entre un sector y otro; de modo que los argumentos analíticos generales sobre las externalidades inherentes a ciertas clases de investigación y desarrollo (I&D) tienen poco fundamento pues ignoran las diferencias sectoriales. Para que el análisis sea útil debe examinar y explicar esas diferencias.

Aunque estos argumentos se desarrollarán con más detalle, creemos que la validez de estas premisas básicas es evidente en sí misma. En caso de ser aceptadas y para que sean útiles en la reflexión sobre políticas, la teoría debe ser suficientemente amplia para relacionar el progreso tecnológico del sector con la estructura institucional respectiva, y suficientemente sólida para prever los posibles efectos de las modificaciones de la estructura institucional. Cualquier teoría útil y coherente de la innovación debe reconocer de modo explícito los factores que difieren entre industrias. Nuestra actual caja de herramientas teóricas para tratar la innovación no cumple esos requisitos y, por tanto, no es útil en la actual discusión de políticas.

En la segunda sección se revisan algunos aspectos del problema de la productividad interindustrial, tratando de precisar dónde está la debilidad de los estudios realizados y de identificar los bloques básicos para construir una teoría simple y útil de la innovación. Las secciones tercera y cuarta indican una forma de teorizar la innovación que puede ampliar y reforzar la comprensión del proceso de innovación y las variables que la determinan, de modo que mejore nuestra capacidad para diseñar políticas eficaces. Aunque sabemos que aún no hemos terminado ese edificio intelectual, podemos mostrar los planos de cada piso y señalar partes de la estructura que están tomando forma aquí y allí. En la quinta sección esbozamos algunas cuestiones relacionadas con la estructura institucional.

EL ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO

La debilidad de la actual comprensión de las razones que inciden en el crecimiento diferencial de la productividad obedece, en parte, a la falta de datos, pero también, a la falta de una teoría capaz de reunir y estructurar lo que sabemos y profundizar nuestro conocimiento más allá de los

hechos particulares. Aunque hay numerosas investigaciones realizadas por economistas, historiadores de la ciencia y la tecnología y otros científicos sociales que buscan resolver el problema de las diferencias de productividad, esas investigaciones no están bien acopladas, y esto hace muy difícil la revisión e integración de lo que sabemos. Más importante aún, esto implica que el conocimiento tiene la forma de cúmulos de hechos semiaislados y no la de una estructura intelectual coherente.

El modelo de crecimiento diferencial de la productividad

No obstante, hay algunas investigaciones sobre el problema del crecimiento diferencial de la productividad cuya estructura teórica es suficientemente sólida para integrar el conocimiento y darle un carácter acumulativo. Tal estructura proviene de los manuales de teoría de la producción, y los estudios que siguen esa tradición usualmente usan análisis de regresión para explicar el crecimiento diferencial de la productividad con base en las diferencias en investigación y desarrollo y otros factores que 'desplazan' la función de producción.

El estudio pionero de Kendrick [1961], en particular el ensayo de Terleckyj allí incluido, definió el estilo de muchos trabajos posteriores basados en la teoría de la producción. El análisis buscaba explicar las diferencias en el aumento de la productividad total de los factores y no el producto por trabajador. Aunque ambos indicadores tienen una alta correlación, es significativo que el análisis considerara dado el aumento de la productividad explicado por el aumento del capital por trabajador y sólo buscara explicar el 'residuo'. Para nuestro propósito, la principal conclusión fue que la intensidad de las actividades de I&D de una industria (medida en diversas formas) era un factor significativo en la explicación de las diferencias en el aumento de la productividad total de los factores entre industrias manufactureras (las únicas que disponían de datos sobre I&D) en regresiones simples y múltiples. Otras características de la industria, como el crecimiento del producto total de la industria y su sensibilidad a las fluctuaciones cíclicas, también tenían fuertes correlaciones con el aumento de la productividad total de los factores, y se reconocía que entre estas variables podía existir una causalidad de doble vía. La mayoría de los trabajos posteriores siguieron la pauta establecida por Kendrick y Terleckyj, aunque examinaban con mayor amplitud y detalle las variables y las industrias y (en algunos casos) se preocupaban más por la especificación teórica de las ecuaciones de regresión.

El estudio de Mansfield [1968], igual que el de Kendrick y Terleckyj, se limitó a una muestra de industrias manufactureras y se centró en la relación entre aumento de la productividad total de los factores y gasto en I&D. A diferencia de Kendrick y Terleckyj, Mansfield usó una formulación explícita de la función de producción donde los gastos en investigación y desarrollo, acumulados y depreciados, se trataban como una forma de capital. Exploró numerosas especificaciones diferentes; por ejemplo, regresiones de modelos de progreso técnico incorporado y no incorporado. Igual que Kendrick y Terleckyj, Mansfield encontró un efecto significativo de los gastos en I&D de una industria sobre su tasa de progreso técnico observada. La conclusión era robusta usando diferentes especificaciones, pero los parámetros eran sensibles a la especificación exacta.

El estudio de Leonard [1971] también se ocupó únicamente de las manufacturas. Su contribución más importante fue la separación entre los gastos de I&D financiados por la misma industria y los gastos en I&D hechos en esa industria pero financiados por el gobierno. Su conclusión empírica fue que los gastos autofinanciados tenían mayor impacto que los gastos financiados por el gobierno tanto en el crecimiento del producto de la industria como en el aumento de la producción por trabajador. Leonard no trabajó con un indicador de productividad total de los factores, aunque es claro que habría obtenido los mismos resultados cualitativos que arrojó su indicador de producción por trabajador. Aún está abierta la pregunta de si sus resultados identifican una diferencia real entre la efectividad de los fondos provenientes de diferentes fuentes en las diversas industrias o si su procedimiento sólo separó unas pocas industrias grandes —aviación y misiles, y electrónica— donde el gobierno es a la vez comprador y financiador importante de I&D. Si esto último es cierto, el gasto del gobierno en I&D puede ser un *proxy* de diversos factores especiales que inciden en esas industrias. Se puede conjeturar que en las industrias de defensa, la I&D ha sido empujada hacia un régimen de rendimientos marginales muy bajos, y que esto es justamente lo que capta el reducido parámetro de la I&D del gobierno. También existen dificultades (que pueden sesgar hacia abajo el avance técnico observado) con el deflactor de precios usado para medir el crecimiento del producto real en industrias que venden nuevos productos especialmente diseñados para un comprador monopsónico (como el complejo aeroespacial).

Brown y Conrad [1967] desarrollaron una especificación teórica bastante compleja de los factores que influyen en la tasa de crecimiento del

producto industrial; sin embargo, ésta se simplificaba cuando los autores pasaban de las ecuaciones teóricas a las ecuaciones de regresión realmente ajustadas. Su muestra también incluía únicamente el sector manufacturero. Su principal contribución fue incluir en las regresiones una variable para la I&D realizada por otras industrias e incorporada en los bienes intermedios comprados por la industria en cuestión, así como la financiación de la I&D de la industria particular. Sus resultados muestran un impacto significativo de la I&D indirecta. En Brown y Conrad, la I&D propia e indirecta se incluyen, simplemente, en forma agregada. En un estudio posterior, Raines las incluyó en forma separada y sus resultados indicaban, extrañamente, que los gastos indirectos parecían tener un efecto mayor que el de los gastos propios.

Quizá el estudio más interesante sea el de Terleckyj [1974], que incluye las industrias manufactureras y no manufactureras. Esta es una ampliación importante y provocadora. La tasa promedio de aumento de la productividad total de los factores en el sector no manufacturero es al menos tan rápida como en el sector manufacturero y, sin embargo, la intensidad en I&D propia es bastante menor. En su análisis del efecto de los gastos propios en I&D, Terleckyj encontró que la financiación de la I&D aplicada que financian las empresas de una industria era una mejor explicación de las diferencias en el aumento de la productividad entre industrias manufactureras que los gastos totales en I&D realizados por la industria. Puesto que la principal diferencia entre los dos indicadores es la I&D financiada por el gobierno, sus hallazgos son consistentes con los de Leonard.

La contribución más significativa de Terleckyj es una rica y sofisticada extensión del trabajo de Brown, Conrad y Raines que determina la contribución de la I&D realizada por otras industrias e incorporada en los insumos. Terleckyj distingue entre I&D incorporada en el equipo de capital e I&D incorporada en los insumos intermedios. En las regresiones simples que utilizó, ambos tipos de I&D son significativos para explicar las diferencias en el aumento de la productividad entre industrias, manufactureras y no manufactureras. Sin embargo, cuando la I&D propia y la I&D incorporada en los insumos se incluyen en ecuaciones de regresión múltiple, los gastos propios en I&D no tienen mucho poder explicativo aunque éste es algo mayor en las manufacturas. Esta conclusión, prevista por Raines, pudo ser el resultado de varios factores. Una posibilidad es que el gasto en I&D financiado por una industria se dedica ante todo a diseñar nuevos productos, lo cual, por la debilidad de los índices de precios, no se refleja adecuadamente en los indicadores de crecimiento de la

producción de la industria; en contraste, el mejoramiento de procesos, que se refleja más confiablemente en una mayor productividad, se debe ante todo al mejoramiento de los insumos y del equipo de capital. Otra posibilidad es que los gastos propios en I&D y los insumos comprados a industrias intensivas en I&D sean fuertemente complementarios. Pero con un ligero cambio de especificación, el peso de la regresión puede desplazarse de una variable a la otra.

Los estudios han sido útiles y provocadores, pero no muy profundos. Los graves problemas de medición dificultan la interpretación de ciertos resultados estadísticos. Algunos de estos problemas de medición fueron señalados antes; el trabajo de Griliches [1973] incluye una lista más extensa.

Pero el problema esencial es el de la especificación. Las ecuaciones de regresión implican complejas interacciones en las que se entrelazan los factores que inciden en la demanda y la oferta de procesos de cambio técnico, y se confunden con otras influencias. El estudio de Kendrick [1973] lo demuestra claramente. En un análisis de correlación simple, encuentra que el aumento de la productividad en una industria está relacionado con los gastos en I&D. Sin embargo, el aumento de la productividad también está asociado al crecimiento del producto de la industria a través del tiempo. Cuando Kendrick usa la técnica de regresión múltiple en dos etapas, las dos variables que tienen mayor peso en la explicación del aumento de productividad son el crecimiento del producto y el aumento de la sindicalización (ésta con un efecto negativo). Con la inclusión de estas dos variables, otras tales como los gastos en I&D poco agregan a la bondad del ajuste. Pero la interpretación es arriesgada; obviamente, hay una maraña de relaciones de causalidad, de la I&D al aumento de la productividad, del crecimiento de la productividad y la reducción de precios al aumento del producto, del crecimiento de la producción con economías de escala al aumento de la productividad, de la expansión de la industria a mayores incentivos para I&D, etcétera. También cabe preguntar si la sindicalización es una causa o un efecto del lento cambio técnico en una industria. Aunque el análisis de Kendrick hace explícito este problema, sólo está implícito en los estudios previos, que sólo relacionan el aumento de la productividad con los gastos en I&D.

Pero si se aceptara que la causación va, al menos en parte, del gasto en I&D a la progresividad de la industria, ¿qué explica la desigual asigna-

ción de ese gasto? Entre las posibles explicaciones, hay dos cuyas implicaciones de política están en abierto contraste. Una es que la actividad de I&D tiene mayores efectos cuando se dedica a las tecnologías de ciertas industrias más que a las de otras; así, las disparidades en las tasas de progreso técnico reflejan una especie de diferencias innatas en la capacidad para desarrollar eficazmente los diversos tipos de tecnologías. La segunda (que no excluye la primera) no se centra en las posibles diferencias innatas de los efectos de la I&D en diferentes sectores sino en las diferencias de la estructura institucional, que determinan el grado en que el gasto en I&D es óptimo y los resultados de la I&D efectivamente empleada. Esto significa que las industrias difieren en el grado en que las empresas que gastan en I&D internalizan los resultados de ese gasto; que en algunas industrias, y en otras no, los subsidios del gobierno a la I&D son importantes donde hay grandes externalidades; y que también difieren en la velocidad y confiabilidad de los mecanismos para seleccionar la tecnología y difundir el uso de las innovaciones eficaces a través del sector. Sobra decir que las diferencias en estas explicaciones tienen profundas implicaciones en materia de política.

Se podría avanzar en los problemas esenciales ampliando y enriqueciendo la función de producción anterior. Así, por ejemplo, el gasto en I&D *no* debería ser una variable independiente sino una variable explicada por otros factores: institucionales, *proxies* de las posibles diferencias intrínsecas entre industrias, etcétera. Aunque este tipo de análisis integrado es raro —hasta donde sabemos— los estudios sobre el aumento de la productividad como resultado de la I&D son compatibles con los que relacionan el gasto en I&D de una industria con variables de tamaño y concentración de las empresas. Y debería ser posible explicar la magnitud y quizá la productividad del gasto en I&D de una industria por medio de índices *proxy* de la solidez de la base científica.

No obstante, sostenemos que el alcance y la solidez de la función de producción son intrínsecamente limitados. Para lograr una comprensión más sólida de la innovación y de lo que se puede hacer para influir en ella, es necesario estudiar en detalle los procesos involucrados y la forma en que las instituciones apoyan y moldean esos procesos. Puesto que, en el mejor de los casos, la función de producción incluye una caracterización rudimentaria del proceso y de la estructura institucional, aún no existe una estructura teórica de grano más fino para estos estudios microscópicos.

Elementos para construir una estructura teórica más amplia

Muchas investigaciones han adoptado una visión más microscópica.² Hay un número creciente de estudios sobre la naturaleza del proceso de I&D, los vínculos entre ciencia e invención, las fuentes de la invención (empresas grandes y pequeñas e inventores privados), los tipos de organización y otros factores asociados a la selección y realización exitosas de un proyecto. Otros se ocupan de los fenómenos de aprendizaje y, más en general, de la forma en que evolucionan las tecnologías (o una tecnología particular) a través del tiempo. Existe abundante literatura sobre los factores organizacionales que influyen en la decisión de adoptar una innovación. La difusión de la innovación ha sido un fértil campo de investigación en varias disciplinas. Aunque la mayor parte de esos estudios no se ha interesado explícitamente en las diferencias entre industrias, sí se han estudiado las innovaciones en muy diversas industrias, y debería ser posible hacer comparaciones entre industrias.

Infelizmente, esos estudios aportan mucho menos de lo que cabría esperar para entender el problema del crecimiento diferencial de la productividad. El problema esencial ya se enunció antes: en general, estos estudios prosiguen dentro de esquemas teóricos desarticulados. No hay, prácticamente, vínculos conceptuales entre el proyecto SAPPHO que estudia las condiciones para la innovación exitosa [SPRU 1972], el estudio de Jewkes, Sawers y Stillerman [1961] acerca de los orígenes de la invención, y los estudios sobre la difusión que han hecho los economistas, como el de Mansfield [1968] y el de Griliches [1957]. Aún más importante es que no hay vínculos entre estos estudios y las investigaciones que tratan directamente el crecimiento diferencial de la productividad. Nuestros conocimientos están balcanizados; no podemos juntar las diferentes ramas de análisis para abordar un solo tema o juntar las diversas piezas para llegar a una perspectiva integrada más amplia. Así, aunque muchas investigaciones tratan los detalles de los procesos, la naturaleza de la estructura institucional predominante y la forma en que ésta afecta los procesos, no existe un medio confiable para ligar este conocimiento a nuestra comprensión de los factores que determinan las tasas diferenciales de crecimiento de la productividad observadas. Sin embargo, los microestudios han documentado diversos 'hechos' acerca de la innova-

2 Hay varias revisiones más o menos exhaustivas de esta literatura. Entre las mejores están las de Mansfield [1972], Pavitt [1971], Freeman [1974] y Kennedy y Thirlwall [1972].

ción que deben ser consistentes con cualquier teoría comprensiva. Dos de ellos indican que no es provechoso usar como punto de partida la estructura teórica implícita en los estudios sobre el crecimiento de la productividad.

El primero de ellos es que la innovación implica una incertidumbre radical. Así, la caracterización del proceso implícita en la 'función de producción' no sólo sería rudimentaria sino también errónea. El problema no se puede enmendar replanteando la teoría en términos de expectativas, introduciendo consideraciones de aversión al riesgo, etcétera. La estructura teórica debe admitir, más bien, la diversidad y el desequilibrio básicos de las elecciones. Debido a la incertidumbre, personas y organizaciones diferentes no coinciden en el lugar donde van a colocar sus fichas de I&D ni en el momento de hacer sus apuestas; unas acertarán y otras se equivocarán. El reconocimiento explícito de la incertidumbre es esencial en la reflexión sobre política. Este hecho implica que es deseable que la estructura institucional genere diversas innovaciones; también implica que la función principal de una estructura institucional eficiente es la selección eficaz de innovaciones, aceptando y difundiendo las buenas y eliminando las malas.

El segundo hecho, aclarado por los estudios microscópicos, es que la estructura institucional para la innovación es bastante compleja en cada sector económico y varía entre sectores. Así, en agricultura hay considerables subsidios públicos a la investigación realizada por entidades sin ánimo de lucro (sobre todo universidades) y un servicio federal de extensión subsidiado para diseminar información acerca de los nuevos desarrollos tecnológicos entre los agricultores, que interactúa con los agricultores privados y las industrias que producen y venden equipo agrícola, fertilizantes, etcétera. La industria de aviación comercial es igualmente compleja, pero se debe describir en términos bastante diferentes. La innovación en medicina involucra un conjunto de instituciones que difieren entre sí. El centro de atención de la política debería ser esta complejidad y diversidad institucional; sin embargo, para captar estas dimensiones no basta ampliar los rudimentarios supuestos institucionales del modelo basado en la función de producción.

Para que sea posible integrar las piezas separadas del conocimiento de los procesos de innovación, la teoría debe incorporar explícitamente la naturaleza evolutiva y estocástica de la innovación, y dejar un amplio espacio para la complejidad y la diversidad institucional. Por supuesto, el

simple hecho de poseer esos atributos no garantiza que una estructura teórica pueda integrar lo que sabemos o que tenga el poder de predecir los efectos de cambios razonables en la estructura institucional. Pero esos atributos pueden guiar la búsqueda de una teoría verdaderamente útil.

En años anteriores hemos presentado bosquejos de tal estructura teórica [1974, 1975a, 1976a, 1976b]. El objetivo es desarrollar un tipo de modelos basados en las siguientes premisas. Primera, a diferencia de los estudios basados en la función de producción, planteamos que casi todo cambio no trivial en productos o procesos, si no ha habido experiencia previa, es una innovación; es decir, abandonamos la distinción estricta entre el desplazamiento a lo largo de la función y el paso a una nueva que caracteriza los trabajos reseñados. Segunda, consideramos que toda innovación encierra una incertidumbre considerable antes de que esté lista para introducirla y después de ser introducida a la economía; por tanto, el proceso de innovación implica un desequilibrio continuo. En todo momento coexisten ideas que evolucionarán hacia innovaciones exitosas e ideas que fracasarán, y se usan tecnologías mal escogidas u obsoletas junto a tecnologías rentables. A través del tiempo, la selección opera sobre las tecnologías existentes, pero continuamente se introducen nuevas tecnologías que impiden el equilibrio.

En términos más formales, el crecimiento de la productividad se explica—dentro de la estructura teórica que proponemos— por la generación de nuevas tecnologías y de cambios en las ponderaciones asociadas al uso de las tecnologías existentes. Esta distinción refleja una ruptura analítica. Intentamos construir subteorías compatibles de los procesos que resultan en una nueva tecnología lista para usar y de lo que llamamos el entorno de selección, que toma como dado el flujo de innovaciones (obviamente, hay realimentaciones importantes).

Esta estructura se puede articular y modelar formalmente; ya construimos varios modelos formales e informamos sobre ellos en trabajos anteriores. En este artículo se hace énfasis en la teoría como lenguaje útil para hablar de los procesos dinámicos, integrar el conocimiento disperso y guiar las futuras investigaciones.

LA GENERACIÓN DE INNOVACIONES

El estado actual del conocimiento sobre la génesis de la innovación se caracteriza por la fragmentación del trabajo empírico. Pero casi todos los estudiosos concuerdan en que las inversiones deliberadas son una parte

importante del proceso de innovación. Muchos académicos reconocen dos clases de factores que influyen en la asignación de recursos: los que determinan la demanda o retribución de la innovación, y los que determinan la dificultad o costo de la innovación.

Los aspectos de la demanda han sido estudiados por diversas tradiciones. En economía, Schmookler articuló y aportó sólidas evidencias en apoyo de un modelo simple donde los cambios en la composición de la demanda de bienes y servicios entre industrias se encadenan hacia atrás para influir en los patrones de inversión los que, a su vez, inciden en la remuneración de los inventores dedicados al mejoramiento de diferentes clases de máquinas. El trabajo teórico de los economistas sobre la propensión a la innovación y el trabajo empírico que empezó con Habakkuk [1962] también se centran en los efectos de los factores de demanda. Hayami, Ruttan y sus seguidores han dado fuerte apoyo empírico a la hipótesis de que los precios relativos de los factores influyen en la naturaleza de la innovación, al menos en la agricultura.³ Una diversidad de estudios de carácter más micro —de economistas y otros científicos sociales— examina invenciones particulares o los factores que determinan las decisiones de asignación dentro de una organización de I&D particular; también muestra la importancia de la percepción de la demanda o retribución.

Otros estudios se centran en el costo o lado de la oferta. A diferencia de los trabajos sobre la demanda, los estudios que examinan las diferencias en la dificultad o el costo de distintos tipos de innovación han tenido resultados conceptuales y empíricos limitados. Se ha propuesto una amplia gama de variables y conjeturas; por ejemplo, que la base científica de la innovación difiere entre industrias o que la innovación es intrínsecamente más fácil en las industrias que producen bienes que en las que producen servicios. También se ha dicho que la mecanización, donde es relevante, es una vía particularmente fácil para la innovación y que las economías de escala potenciales son un camino fácil de seguir.⁴ El respaldo empírico de estas proposiciones es débil; no obstante, sólo unos po-

3 La referencia básica es Hayami y Ruttan [1971]. Su ampliación y actualización se encuentra en Binswanger y Ruttan [1976].

4 Para la discusión general, ver Nelson, Peck y Kalachek [1967]. La hipótesis sobre los sectores de servicios fue planteada por Baumol [1967]; con respecto a la mecanización y las economías de escala, ver Rosenberg [1972], David [1974], Hughes [1971] y Levin [1974].

cos autores cuestionan la hipótesis de que los factores de oferta y demanda difieren entre industrias y tecnologías, y que estas diferencias son importantes para explicar el patrón de innovación observado.

La hipótesis de maximización de beneficios y sus limitaciones

El problema teórico es cómo organizar lo que sabemos para que el conjunto sume más que las partes y el conocimiento vaya más allá de los hechos particulares. Una primera salida es adoptar el modelo de la empresa maximizadora de beneficios como fundamento para una teoría de la génesis de la innovación. El hecho semiempírico de un comportamiento deliberado e inteligente con respecto a la asignación de recursos para la innovación —que casi todos los académicos ven como un reflejo de la situación real— se traduciría en términos teóricos como un comportamiento maximizador. Los factores de oferta y demanda serían entonces idénticos a los de la teoría tradicional de la firma.

En general, los modelos que buscan explicar el crecimiento diferencial de la productividad han tomado como dado el gasto en I&D y no como algo que se debe explicar. Sin embargo, es claro que, como telón de fondo, los autores tenían en mente algo semejante a un modelo de maximización de beneficios. Se han construido varios modelos de maximización de beneficios para examinar el gasto en I&D; por ejemplo, es posible deducir las conclusiones de Schmookler tratando el gasto acumulado en I&D simplemente como una forma de capital y extendiendo el resultado tradicional de la teoría de la firma acerca de los efectos de un incremento de la demanda sobre el monto de la inversión que es rentable realizar. La literatura sobre la propensión a la innovación se inscribe conscientemente dentro del esquema de 'maximización de beneficios'. El supuesto básico es que de un conjunto de posibilidades de innovación asociado a un nivel de gasto dado, o de elementos diferentes asociados a costos diferentes, las firmas escogen el elemento que maximiza los beneficios.⁵ Este modelo permite deducir los efectos de los cambios en los precios de los factores sobre la dirección de la invención.

La interpretación del comportamiento deliberado e inteligente en términos de maximización de beneficios tiene enorme poder organizador, pero es necesario reconocer que esta formulación padece serias dificultades.

5 Para unas buenas revisiones y críticas, ver Binswanger [1974] y Nordhaus [1973].

Las limitaciones básicas se refieren a los comentarios de la sección anterior. En muchos casos, las organizaciones que hacen I&D no están motivadas por los beneficios, sino que son entidades del gobierno o privadas sin ánimo de lucro. Aquí la dificultad se puede resolver superficialmente ampliando el término 'beneficios' hasta cubrir cualquier objetivo. Usaremos esa táctica en la siguiente sección pero esto exige, al menos, un detallado examen empírico de la naturaleza de las organizaciones que hacen I&D antes de usar el concepto de 'beneficios' en un modelo. En realidad, el problema es mucho más complejo. En muchos sectores hay múltiples organizaciones de I&D —lucrativas, públicas, académicas— que hacen cosas diferentes aunque interactúen en forma sinérgica. En medicina, agricultura y otros sectores, las organizaciones privadas que buscan beneficios hacen la mayor parte de la I&D que genera productos mercadeables, pero las entidades académicas desempeñan el papel principal en la creación de conocimiento básico y de datos utilizados en el trabajo más aplicado.

Además, la I&D es un negocio incierto. Hay incertidumbre en el proyecto individual, donde rara vez es clara la 'mejor' forma de proceder y los participantes deben conformarse con encontrar una vía promisoria. También hay incertidumbre en la selección de proyectos de I&D. La enorme cantidad de proyectos posibles, la incapacidad para hacer estimaciones rápidas y confiables de los costos y beneficios, y la falta de propiedades topológicas adecuadas para una búsqueda secuencial de buenos proyectos sin importar dónde empieza la búsqueda, implican que la selección de proyectos, así como el resultado de una selección dada, son de carácter estocástico. El problema de la metáfora de maximización no es que connote propósito e inteligencia, sino que también connota la definición precisa y objetiva de las alternativas y el conocimiento de sus propiedades. Por ello, sugiere un grado de inevitabilidad y acierto irreales en la decisión que se toma, ignorando las grandes diferencias de juicio y percepción tanto entre individuos como entre organizaciones, y que nadie sabe *ex ante*, excepto quizá Dios, cuál es la elección correcta.

Debido a estas limitaciones, la fórmula de maximización de beneficios no puede afrontar varios aspectos esenciales del proceso de generación de innovaciones. Aunque tiene un éxito cualitativo cuando trata algunas variables de demanda, tiende a ignorar las externalidades, suponiendo implícitamente que las valoraciones del 'consumidor' se reflejan en las oportunidades de beneficios de las firmas que hacen I&D. También ignora las cuestiones relacionadas con la forma en que los consumidores des-

cubren y evalúan nuevos productos y procesos. En ambas materias, son esenciales la estructura institucional y el modo en que se resuelven las incertidumbres. Nuestro análisis del 'entorno de selección' de las innovaciones aborda este tipo de problemas con mayor coherencia.

La fórmula de maximización de beneficios no capta bien los factores de costo o factibilidad de la innovación. Aquí es esencial disponer de una definición del proceso de generación de innovaciones apta para captar los procesos. A continuación presentamos un esbozo de dicha definición.

Estrategias de I&D y resultados probabilísticos

En esta sección exponemos una forma de abordar estas dificultades que creemos provechosa; sus componentes son los siguientes. Un proyecto de I&D y los procedimientos que sigue una organización de I&D para identificar y cernir los proyectos de I&D se pueden ver como procesos de investigación heurística en interacción (*interacting heuristic search process*). Un compromiso más o menos estable con un conjunto particular de heurísticas para seleccionar proyectos de I&D se puede entender como una estrategia de I&D.⁶ Con frecuencia es posible identificar unas pocas estrategias de I&D predominantes en un sector particular y una época específica. En general, una estrategia de I&D se puede modelar en términos de las heurísticas utilizadas en los procesos de investigación y de sus consecuencias o ser representada por medio de una distribución de probabilidad de las innovaciones (o características de la innovación) dadas ciertas condiciones que enfrenta la organización.

Por proceso de búsqueda heurística entendemos una actividad que tiene una meta y un conjunto de procedimientos para identificar, seleccionar y usar medios para conseguirla o acercarse a ella.⁷ Los procedimientos se pueden caracterizar por la utilización de metas inmediatas, la atención especial que se presta a ciertas sugerencias y claves, y diversas reglas empíricas. Aunque éstos pueden ser provechosos, en el sentido de producir resultados relativamente satisfactorios en un buen porcentaje del

6 Este concepto de estrategias no es idéntico al que se usa en la teoría estadística de decisiones o teoría de juegos. En general, una estrategia, tal como usamos el término, no implica una solución explícita *ex ante* de lo que se hará en todas las contingencias posibles; además, no se deriva de ningún cálculo de maximización explícito.

7 Para un rico y sofisticado análisis, ver Simon y Newell [1972].

tiempo, no garantizan un resultado excelente y tampoco un resultado único. Es decir, son heurísticas y no algoritmos para calcular el óptimo. Aunque quienes toman decisiones preferirían un algoritmo de maximización barato a una buena heurística, es probable que en problemas de decisión complejos sea muy costoso usar algoritmos de maximización, así se conozcan. En muchos casos no existen y lo mejor es confiar en una buena heurística.

La idea de que un proyecto de I&D es una investigación está muy difundida en la literatura. Evanson y Kislev elaboraron un modelo específico de los procesos de investigación involucrados en la búsqueda de una nueva semilla mejorada con mayores rendimientos. Desarrollaron su modelo dentro de un esquema de maximización, en el sentido de que calcularon el número de elementos (variedades de semillas) que 'debían' incluirse en la muestra. Sin embargo, su modelo 'patina' exactamente en aquellos aspectos de un proyecto de I&D donde son importantes las heurísticas: identificación de las variedades que se deben incluir en los primeros experimentos, evaluación de lo que se ha aprendido en las primeras fases y de lo que debe orientar las siguientes, etcétera. Aquí no profundizamos la noción de heurísticas intraproyecto excepto en un punto. Afirmamos que un aspecto importante del problema del papel de la ciencia en la invención se puede plantear provechosamente mediante las formas en que el conocimiento científico permite la aparición de heurísticas de investigación potentes.

Aunque esto ha sido menos discutido, es claro que el proceso de selección de proyectos también debe ser heurístico. Por las razones mencionadas, la selección de un proyecto, entre el conjunto posible, por parte de una empresa, no puede ser maximizadora en sentido estricto. En cambio, el proceso debe incluir varias metas inmediatas, prestar atención a ciertas sugerencias y claves y usar diversas reglas empíricas.

Las heurísticas descomponen en partes un problema complejo de decisiones interrelacionadas que después se tratan en forma más o menos independiente. Por ejemplo, es obvio que las decisiones sobre el monto del presupuesto total para I&D y las decisiones sobre los proyectos que se van a emprender son fuertemente interdependientes. Pero hay evidencia de que muchas firmas de I&D emplean heurísticas de decisión en I&D que separan esas dimensiones, al menos inicialmente. Así, la fijación del presupuesto para I&D como una fracción de las ventas es una heurística muy utilizada por lo menos en la primera fase del proceso presupuestal [Mansfield 1968].

Igualmente, hay heurísticas muy utilizadas para explorar proyectos promisorios, las cuales se siguen independientemente de la planeación presupuestal, excepto por la restricción de agregación (*adding-up constraint*).

Es conveniente usar el término 'estrategia' para referirse a un conjunto de heurísticas ampliamente utilizadas en la selección de proyectos. Idealmente, el modelo de una estrategia permitiría definir, en términos probabilísticos, la naturaleza de los proyectos de I&D que seleccionaría una organización que use dicha estrategia, dadas las condiciones en que opera la selección de proyectos: el patrón de la demanda del consumidor para diversos productos y calidades de productos, el estado del conocimiento científico (que afecta la gama de proyectos) y las ventas totales de la empresa (que afectan el presupuesto total para I&D). Los resultados, en términos del grado y el tipo de éxito alcanzados por los proyectos realmente emprendidos, también serán probabilísticos —dadas las heurísticas del proyecto y las condiciones externas— pues la selección de proyectos entraña heurísticas de proyecto y la estrategia de I&D puede ser definida como la distribución de probabilidades del número y el tipo de innovaciones, dadas las variables que influyen en la selección y el resultado de los proyectos.

Se puede decir que una gran proporción de la investigación sobre la generación de innovaciones intenta descubrir, describir y analizar las consecuencias del uso de ciertas estrategias. Cabría esperar que la naturaleza de las estrategias difiera según sea la naturaleza de cada organización. Así, por ejemplo, las agencias del gobierno deberían tener estrategias diferentes a las de las empresas de negocios; sin embargo, como la mayor parte de las investigaciones se ocupan de las empresas de negocios aquí haremos lo mismo.

Una buena estrategia de I&D debe prestar atención a los factores de demanda y de oferta. No es adecuado elegir proyectos atractivos y factibles desde el punto de vista tecnológico que no tienen demanda, emprender proyectos exitosos que no tienen alta retribución o proyectos sin posibilidades de éxito. Pero se puede imaginar una estrategia centrada en la demanda y hacer una lista de invenciones que pueden tener buen mercado, para luego depurarla con base en el costo y la factibilidad. También cabe imaginar una estrategia en la que primero se seleccionen proyectos donde pueda haber importantes rupturas tecnológicas, y revisar después su potencial de mercado. Numerosos estudios plantean que las estrategias de I&D se pueden incluir en las dos catego-

rias anteriores. La primera estrategia ha sido denominada 'jalónada por la demanda' (*demand-pull*) y la segunda, 'impulsada por las capacidades' (*capabilities-push*) [Pavitt 1971, Freeman 1974].

Para quienes creen que la selección de proyectos tiene un carácter maximizador es indiferente que la selección empiece listando proyectos con buenos prospectos de demanda para luego elegir con base en el costo o la factibilidad o que primero se preseleccionen los que tienen factibilidad técnica y luego se elijan los de alta demanda. El orden del cálculo sería irrelevante. No obstante, cuando se observa que el primer corte define el dominio de elección y que los cálculos posteriores se hacen sobre ese subconjunto, es claro que las estrategias *demand-pull* y *capabilities-push* son muy diferentes. En un régimen de estímulos dado externamente, seleccionarán tipos de proyectos que pueden tener diferentes consecuencias en términos de los rendimientos alcanzados.

Diversos estudios han concluido que, si las estrategias se separan en esas dos categorías, las *demand-pull* son más utilizadas [Pavitt 1971]. Además, cuando cabe la comparación, es probable que tengan mayor éxito comercial que las *capabilities-push*. Pero si los proyectos seleccionados con esta última estrategia son rentables, son más rentables. Estos resultados no son sorprendentes. Es de esperar que una preselección de innovaciones, en caso de tener éxito, arroje un mayor rendimiento, pues concentra la atención sobre una parte más fructífera del conjunto de elección que la preselección de cosas que el saber tecnológico puede realizar. También es de esperar que, cuando se aplica un criterio de costo o factibilidad de la I&D a una lista de proyectos preseleccionados por razones de demanda, el resultado sea un proyecto cuyos objetivos se pueden lograr a bajo costo y con alta confianza. No obstante, la estrategia 'que mira primero las posibilidades tecnológicas' a veces gana el 'premio gordo'. Como se ve, la clasificación de las estrategias de I&D en estas dos categorías parece ser una tarea intelectual provechosa.

Sin embargo, cuando se reflexiona sobre ello, ambas categorías parecen ser ingenuas. Una estrategia que implica mayor realimentación entre las consideraciones de demanda y de oferta puede ser más provechosa. Además, es poco plausible que los generadores de proyectos consideren primero 'todos' los proyectos de I&D con alta demanda o 'todas' las posibles rupturas tecnológicas, pues esos conjuntos son demasiado vastos. Además, la misma composición del personal de una organización de I&D limita la gama de proyectos que puede emprender.

Planteamos que la mayoría de las organizaciones de I&D se limitan, *de facto*, a estrategias que implican un compromiso previo con una clase o un número pequeño de clases de proyectos de I&D que comparten metas, procedimientos para difundirlas y recursos de I&D más o menos similares. Binswanger [1974] usa el término 'actividad de I&D' en una forma que capta este hecho. Siguiendo el trabajo de Hayami y Ruttan, señala que en la agricultura se pueden identificar varias clases de proyectos de I&D: proyectos para mejorar el equipo mecánico, proyectos de mejoramiento de semillas, etcétera. Dentro de estas clases, los objetivos y los procedimientos que siguen quienes hacen I&D tienen cierta semejanza. Además, una actividad de I&D define o es definida por ciertos tipos de habilidad, equipo y organización. Binswanger afirma que la mayoría de proyectos de I&D, al menos en agricultura, pertenecen a una de esas pocas clases de actividades de I&D. Una organización de I&D puede tener un personal apto para trabajar en una o unas pocas estrategias de I&D, y esto condiciona sus estrategias de I&D. Dados estos compromisos previos, el jalón de la demanda o el empujón de la tecnología pueden guiar los detalles de la elección período a período, aunque también se pueden usar otros procedimientos.

En la formulación de Binswanger, el conjunto de proyectos asociados a una actividad de I&D particular está estrictamente delimitado. Así, no se puede ajustar a cambios en la demanda o a cambios en los costos de I&D, operando dentro de esa actividad, y los cambios en la clase de actividad de I&D que se realiza, en respuesta a los cambios externos, deben provenir de modificaciones de la combinación de actividades de I&D que se utilizan. No hay razón para que los ejemplos de Binswanger, Hayami y Ruttan tengan que poseer esa inflexibilidad interna. Por ejemplo, los artefactos mecánicos abarcan una amplia gama de rubros y los diversos componentes de esa gama poseen varias dimensiones relevantes. La I&D tendiente a mejorar el diseño del equipo mecánico se puede orientar en varias direcciones; también existen diversos atributos que se pueden mejorar cuando se busca desarrollar una nueva variedad de semillas. En todo caso, los economistas piensan que una estrategia viable debe ajustarse a los cambios en la demanda y los costos y que, por tanto, debe involucrar una combinación de actividades o una actividad muy flexible.

Sin embargo, puede haber ciertas heurísticas intraproyecto aplicables cuando una tecnología está avanzando en cierta dirección y el avance en esa dirección es rentable en diversas condiciones de demanda. A estas

direcciones las llamamos 'trayectorias naturales', las cuales, en caso de existir, pueden ser una buena estrategia a seguir.

Trayectorias naturales

Algunos escritos sobre el avance tecnológico sugieren que la innovación tiene una lógica interna propia. En contraste con el *locus* central de los modelos de los economistas —una respuesta fina y sintonizada a las condiciones de demanda y sus cambios, y un examen minucioso de los proyectos para obtener rentabilidad, en particular en las industrias donde el avance tecnológico es muy rápido— los avances parecen derivarse de los avances, de una manera que parece 'inevitable' y no sintonizada con los cambios de la demanda y los costos. Rosenberg [1969, 1972] habla de 'imperativos tecnológicos' que guían la evolución de ciertas tecnologías, de cuellos de botella en procesos entrelazados, de puntos débiles de los productos, de objetivos de mejoramiento claros, etcétera. Todos ellos son señales de que ciertos proyectos de I&D son factibles y valiosos en diversas condiciones de demanda y costos. Los cambios marginales en las condiciones externas influyen a lo sumo en la clasificación —de acuerdo con su rentabilidad— de los proyectos ligados al impulso tecnológico en una dirección particular. Pensamos que esas trayectorias naturales son importantes y pueden ser estudiadas.

En muchos casos, estas trayectorias naturales son específicas a una tecnología particular o a un 'régimen tecnológico'. Usamos este término para designar la misma clase de cosas que Hayami y Ruttan llaman metafunción de producción. Su concepto se refiere a una frontera de capacidades alcanzables, definida por las dimensiones económicas relevantes y limitada por restricciones físicas, biológicas y similares, dada una forma de hacer las cosas más o menos definida. Nuestro concepto es más cognoscitivo y se refiere a las creencias de los técnicos acerca de lo que es factible o, al menos, de lo que vale la pena intentar. Por ejemplo, la aparición del avión DC-3 en los años treinta definió un régimen tecnológico particular: cubierta metálica, ala baja, aviones con motores de pistón. Los ingenieros aeronáuticos tenían fuertes nociones con respecto al 'potencial' de este régimen, y por más de dos décadas la innovación en el diseño aeronáutico consistió, esencialmente, en una mejor explotación de este potencial, agrandando los aviones y haciéndolos más eficientes [Miller y Sawers 1968, Phillips 1973].

Las actividades de I&D de Binswanger y nuestras estrategias de I&D suelen estar íntimamente relacionadas con un régimen tecnológico dado,

en un sentido no bien desarrollado por Binswanger. El sentido de potencial, de restricciones y de oportunidades aún no explotadas implícito en un régimen concentra la atención de los ingenieros en ciertas direcciones en las que es posible avanzar, y proporciona una sólida orientación acerca de las tácticas posibles cuya exploración puede ser provechosa. En otras palabras, un régimen no sólo define las fronteras sino también las trayectorias de esas fronteras. En realidad, estos conceptos son integrales; las fronteras se definen como los límites dentro de los que prosiguen diversas trayectorias de invención.

En muchos casos, las trayectorias y estrategias promisorias para el avance tecnológico, dentro de un régimen dado, están asociadas a mejoramientos de componentes o aspectos esenciales. En aviación, los ingenieros pueden dedicarse a mejorar la proporción peso-impulso de los motores o a aumentar las tasas htf-resistencia de las carcasas de los aviones. El conocimiento teórico general sugiere claves para avanzar. En la tecnología de motores *jet*, los conocimientos de la termodinámica relacionan el desempeño del motor con variables tales como la temperatura y la compresión de combustión. Esto lleva naturalmente a que los diseñadores busquen diseños de motor que permitan mayores temperaturas de entrada y mayores presiones. En el diseño de carcasas para aviones, los conocimientos teóricos (a un nivel relativamente mundano) siempre han señalado las ventajas de un avión que vuele más alto, donde la resistencia del aire es menor. Esto lleva a que los diseñadores piensen en presurizar la cabina, en motores que funcionen eficazmente a mayores altitudes, etcétera.

Las diversas trayectorias suelen ser complementarias. Los avances en la potencia de los motores y en el perfil aerodinámico del avión son complementarios. El desarrollo de semillas que germinan al mismo tiempo y a la misma tasa de crecimiento facilita la recolección mecánica.

Aunque las trayectorias naturales casi siempre tienen elementos asociados a la tecnología particular en cuestión, parece ser que en todas las épocas hay trayectorias naturales comunes a diversas tecnologías. La literatura ha identificado relativamente bien dos de ellas: la progresiva explotación de las economías de escala potenciales y la creciente mecanización de las operaciones que antes se hacían a mano.

Existen muchas industrias y tecnologías donde la mejora de los equipos implica la explotación de economías de escala potenciales. En las industrias de procesos químicos, generación eléctrica y otros sectores donde el

diseño de equipos de mayor capacidad permite ampliar la producción sin un incremento proporcional del capital o de otros costos, el objetivo de reducir costos lleva a que los diseñadores se dediquen a la fabricación de equipos más grandes. Hughes [1971] ha documentado la forma en que los diseñadores de equipo de generación eléctrica han logrado desplazar gradualmente hacia adelante la frontera de escala. Levin [1974] ofrece una discusión teórica general de ese fenómeno e incluye estudios de caso de los procesos operativos en la fabricación de ácido sulfúrico, etileno amoníaco y en la refinación de petróleo. En tecnología aeronáutica, los diseñadores saben desde hace tiempo que los aviones más grandes pueden funcionar, en principio, con costos más bajos por pasaje-kilómetro. Por supuesto, en aviación y en generación eléctrica, las posibilidades de explotar las economías de escala potenciales están limitadas por el mercado y por el avance de la ingeniería. En aviación, los altos volúmenes de carga son buenas oportunidades de mercado y han tendido a crecer con el tiempo. Esto ha permitido que los ingenieros sigan sus instintos. Como norma, cada generación de aviones comerciales ha tendido a introducir vehículos más grandes que los de la generación precedente. Otra trayectoria natural bastante común es la mecanización de los procesos que se hacían a mano. Los diseñadores de equipo consideran que la mecanización es una forma natural de reducir los costos, aumentar la confiabilidad y la precisión de la producción, tener un control más confiable de las operaciones, etcétera. Este punto ha sido subrayado por Rosenberg [1972] en su estudio de la innovación en la industria americana del siglo XIX. La existencia de esta tendencia fue sugerida por Piore [1968] y documentada con gran detalle por Setzer [1974] en su trabajo sobre la evolución de los procesos de producción en Western Electric. Los inventores e ingenieros de I&D, presionados por la necesidad de encontrar oportunidades de invención y diseño que reduzcan los costos, exploran las posibilidades de mecanización. Los ingenieros, por su entrenamiento y experiencia, aprenden heurísticas que les ayudan a diseñar la maquinaria. Por esta razón, la búsqueda de oportunidades de mecanización y el intento de explotar las economías de escala pueden ser un medio útil para entender la actividad inventiva.

David [1974], en un importante y fascinante ensayo, propone una hipótesis diferente pero complementaria. Mientras que los estudios anteriores apuntan a 'invenciones fáciles' en direcciones que aumentan la relación capital trabajo, David sugiere que las tecnologías que ya eran intensivas en capital a finales del siglo XIX fueron más fáciles de mejorar en una dirección 'neutral' que las tecnologías con un menor grado de

intensidad de capital. Plantea, entonces, que durante ese período había 'un espacio considerable' para mejorar las operaciones mecanizadas y que los ingenieros-diseñadores tenían medios disponibles para moverse en esa dirección.

La explotación de las economías de escala potenciales y de las oportunidades de una mayor mecanización son hoy sendas importantes para el avance tecnológico de muchos sectores, igual que en el siglo XIX. Muchos de los estudios citados traen ejemplos contemporáneos. Pero no hay ninguna razón para creer, y sí muchas razones para dudar, que las trayectorias generales influyentes en una época sean las más influyentes en la época siguiente. Así, por ejemplo, en el siglo XX se abrieron (y luego se diversificaron) dos trayectorias naturales muy utilizadas que no estaban disponibles antes: la explotación del conocimiento acerca de la electricidad y la consiguiente creación y mejoramiento de componentes eléctricos y luego electrónicos, y los avances similares en materia de tecnologías químicas. Igual que en el caso de la mecanización durante el siglo XIX, estos avances tuvieron diversos efectos. El aumento de la capacidad para entender los fenómenos eléctricos y la creciente experiencia con equipos eléctricos y electrónicos llevaron a la sustitución de los componentes no eléctricos, y las tecnologías que tenían muchos e importantes componentes electrónicos se beneficiaron con su mejoramiento más que otras tecnologías.

Es claro que las industrias difieren significativamente en el grado en que pueden explotar las trayectorias naturales generales prevaecientes y que estas diferencias influyen en el auge y la caída de diversas industrias y tecnologías. Durante el siglo XIX, el algodón ganó predominio sobre la lana debido en gran parte a que su proceso era más fácil de mecanizar. Es muy posible que estuvieran involucradas las trayectorias de Rosenberg y de David. En el siglo XX, el algodón de Texas desplazó al algodón del sureste debido en buena parte a que la recolección se pudo mecanizar en el área de Texas. En la época actual, donde se ha desarrollado una enorme capacidad para diseñar y mejorar productos sintéticos, las fibras sintéticas han ganado importancia relativa sobre las fibras naturales.

Un aspecto de las trayectorias naturales —bien sean específicas a una tecnología particular o más generales, bien sean del siglo XIX o del XX— es que a lo largo de su desarrollo se halla implícito un conocimiento poseído por los técnicos, ingenieros y científicos comprometidos en la actividad de invención. Ese conocimiento puede ser bastante específico, como el que se refiere a las tácticas para producir semillas híbridas o al

funcionamiento de los motores *jet*. También puede involucrar más arte e intuición que ciencia, como ocurrió con el conocimiento en que se basaron las trayectorias de mecanización y aprovechamiento de las economías de escala del siglo XIX. Pero en la segunda mitad de este siglo, los estudiosos se inclinan a pensar que el conocimiento implícito en las tecnologías que avanzan más rápido, o las que se construyen con elementos de aquéllas, es un conocimiento científico relativamente bien articulado. Esto no significa que los 'inventores' sean científicos activos ni que la 'invención' explote el conocimiento generado por la ciencia más reciente. Pero el hecho de que los científicos e ingenieros educados en la universidad predominen entre quienes hacen I&D aplicada indica que la alfabetización científica es fundamental. Se puede decir, entonces, que un factor clave que difiere entre industrias y que resuelve parcialmente el problema de la productividad diferencial es la solidez de la comprensión científica relevante para la búsqueda de mejoramientos tecnológicos. Aquí no revisamos esa abigarrada literatura, pero en las conclusiones discutimos si esas diferencias, en caso de ser importantes, son intrínsecas o institucionales.

La estrategia de I&D determina probabilísticamente los resultados de la I&D bien sea que una 'estrategia' entrañe o no una trayectoria natural, sea cierto o no que las empresas seleccionan ciertas actividades de I&D y que entre ellas escogen un pequeño subconjunto, y sean cuales sean los medios utilizados para identificar las oportunidades de beneficios o de factibilidad. Habrá algunos ganadores y algunos perdedores. La siguiente cuestión analítica es ¿y ahora qué?

EL ENTORNO DE SELECCIÓN⁸

Elementos para la selección del modelo

El meollo del problema conceptual de la sección anterior era caracterizar la generación de innovaciones como un proceso deliberado pero estocástico. Aunque algunos autores trazan una línea tajante entre invención y adopción e imponen toda la incertidumbre sobre la primera, los estudios micro de la innovación no cobran sentido a menos que se admita que muchas incertidumbres no se pueden resolver hasta que una innovación sea probada en la práctica. Aunque las organizaciones que observan el

8 Una versión anterior de esta sección se publicó en Nelson y Winter [1975b].

flujo de nuevas innovaciones intenten ser racionales, igual que con la generación de innovaciones, el comportamiento racional no debería traducirse en un comportamiento maximizador excepto que se reconozcan explícitamente las diferencias de percepción o de suerte. Además, el análisis de los medios para seleccionar las innovaciones —la prueba y el rechazo de algunas, la aceptación y difusión de otras— debe ser explícitamente dinámico. Proponemos el concepto de ‘entorno de selección’ como organizador teórico útil. Dado un flujo de nuevas innovaciones, el entorno de selección (tal como usamos el término) determina la forma en que cambia el uso relativo de las tecnologías a través del tiempo. El entorno de selección influye en la senda de crecimiento de la productividad generada por una innovación dada y tiene efectos de retroalimentación sobre la clase de I&D que las empresas e industrias consideran rentable emprender.

Desde el comienzo debemos aclarar una importante cuestión conceptual. Gran parte de la literatura sobre el cambio técnico establece una clara entre invención e innovación (y usa el último término, en un sentido más estrecho que el nuestro, para referirse a la decisión de probar una tecnología en la práctica); distinción que se remonta a la *Teoría del desarrollo económico* de Schumpeter. Aunque la invención tecnológica no era el centro de su análisis, Schumpeter describía un mundo en que los inventores independientes debían unirse a las empresas existentes, o a los empresarios que intentaban establecer nuevas firmas, para implementar sus invenciones. Sostenemos que en el ambiente institucional actual, donde parte considerable de la innovación proviene de la I&D interna, la antigua distinción schumpeteriana es menos útil de lo que solía ser. Aunque hay invenciones económicamente viables sin I&D adicional que simplemente esperan a que alguien las pruebe, es raro que esto ocurra. Además, la utilización experimental de una nueva tecnología es parte de las últimas etapas de los procesos de I&D.

Sin embargo, debe aceptarse una distinción que recuerda la vieja distinción schumpeteriana. Con frecuencia una innovación es producida por una empresa para venderla a sus clientes: aquí hay dos actos de innovación (en sentido estrecho). De Haviland, la compañía que produjo el primer *jet* comercial, fue innovadora, pero también la empresa que compró el avión. En términos más generales, si se estudia un sector industrial, es útil distinguir dos clases de innovaciones. Unas pueden fluir de las actividades de I&D de las empresas del sector; otras pueden revestir la forma de materiales, componentes o equipo ofrecido por las firmas

proveedoras. Sin embargo, retengamos esa distinción y centrémonos en un sector económico que experimenta un flujo de nuevas innovaciones, unas viables y otras no. Aunque es obvio que la gama de posibles innovaciones y las características de los sectores son extremadamente diversas, la tarea analítica consiste en elaborar un esquema conceptual que identifique los rasgos comunes a la vez que destaque las diferencias.

Consideremos el siguiente conjunto de innovaciones e industrias: el primer modelo del avión 707 producido por la Boeing Aircraft Corporation, el primer uso del proceso de oxigenación a escala comercial por una compañía siderúrgica de Austria, una nueva variedad de semillas probada por un granjero, un médico pionero que prueba una droga contra el cáncer, una escuela que experimenta con una clase abierta. La gama de innovaciones posibles y de características de las organizaciones que las introducen son enormes.

Una condición necesaria para la supervivencia de una innovación es que, después de un ensayo, sea valiosa para las organizaciones que determinan directamente si se utiliza o no. Si el uso de la innovación persiste y se amplía, la empresa debe encontrar un nuevo proceso o producto que sea rentable producir o utilizar; el médico debe reconocer que el tratamiento es eficaz, el sistema escolar debe reconocer que la nueva técnica para dictar clase es una buena práctica educativa. A estas organizaciones primarias las llamamos 'firmas' y usamos el término rentable para indicar su método de valoración, sin pretender que su objetivo es la ganancia monetaria y no otra cosa o que la firma es privada y no pública, ni atribuir ningún mérito social a los objetivos de las firmas, que pueden estar motivadas sólo por el prestigio de ser las primeras. Los sectores obviamente difieren en términos de los objetivos de las firmas.

El hecho de que las firmas consideren rentables o no a las innovaciones no depende sólo de los objetivos de las firmas. En casi todos los sectores económicos, las firmas —organizaciones de beneficio privado, agencias públicas o profesionales individuales— están expuestas a mecanismos de control que influyen en el buen o mal desempeño de las innovaciones, de acuerdo con los objetivos de las firmas, y que pueden condicionar el comportamiento de las firmas de modo más directo. Una parte esencial de este mecanismo de control involucra a los individuos u organizaciones demandantes o beneficiarios de los bienes y servicios producidos por las firmas del sector. Así, la rentabilidad de producir aviones 707 depende de cómo reaccionan las aerolíneas a este tipo de aviones. Los consumidores deben estar dispuestos a comprar el maíz producido con

la nueva semilla a un precio que cubra los costos. Los pacientes deben estar de acuerdo con el nuevo tratamiento. Los sistemas escolares están condicionados por fondos propuestos por altos ejecutivos y aprobados en la legislatura. En algunos sectores hay restricciones adicionales impuestas por las agencias que tienen la responsabilidad legal de supervisar o regular la actividad de las firmas. El Boeing 707 tuvo que pasar las pruebas de la AAF antes de ser utilizado con fines comerciales, los nuevos productos farmacéuticos están regulados, etcétera. Los entornos de selección difieren grandemente en la estructura de los demandantes y supervisores y en la forma y la fuerza con que éstos moldean y restringen el comportamiento de las firmas.

En términos generales, hay dos clases de mecanismos para la difusión de una innovación rentable. Una es el mayor uso de una innovación por parte de la firma que la introduce por vez primera. Si la firma produce varios productos o realiza varias actividades, esto puede ocurrir mediante la sustitución de las viejas actividades por la nueva actividad; si no es así, la firma puede crecer en términos absolutos y relativos (si tiene competidores) atrayendo nuevos recursos. En sectores que incluyen numerosas unidades organizativas administrativamente distintas en el lado de la demanda, hay un segundo mecanismo para la difusión de innovaciones: la imitación. La imitación de ciertas innovaciones puede ser inducida deliberadamente por la maquinaria institucional. Así, los servicios de extensión agrícola estimulan la adopción de nuevas variedades de semillas por parte de los granjeros. Si la innovación es producida por una firma proveedora, sus agentes de ventas tratarán de acelerar la adopción. Pero la maquinaria institucional también puede detener o bloquear la difusión, como en el caso del sistema de patentes que bloquea la adopción por parte de una firma de innovaciones patentadas y creadas por un competidor.

La importancia relativa de estos mecanismos difiere entre sectores. La 'dieselización' de un sistema férreo nacionalizado debe realizarse sustituyendo los motores existentes por motores diesel, y el mejoramiento del servicio debe llevar a que el sistema nacionalizado de ferrocarriles obtenga fondos adicionales. Pero cuando existen varias compañías organizativamente separadas y una de ellas introduce con éxito esta innovación, la difusión de motores diesel puede requerir la imitación de otras compañías. El éxito del 707 estimuló y permitió la ampliación de los medios de producción de la Boeing; los demás productores fueron inducidos, so pena de quiebra, a diseñar y producir aviones semejantes.

Pensamos que se puede construir un modelo general y riguroso del entorno de selección con base en la especificación de tres elementos: la definición del 'valor' o beneficio efectivo para las firmas del sector, la manera en que las preferencias del consumidor y las normas de la agencia reguladora definen qué es rentable, y los procesos de inversión e imitación involucrados. A continuación analizamos algunas importantes diferencias cualitativas de los entornos de selección sectoriales que se convierten en el centro de atención una vez el problema teórico se plantea tal como lo planteamos. Los mercados de cada sector difieren significativamente, y muchos sectores involucran importantes componentes 'de no mercado' (*nonmarket components*) que tienen características especiales.

El mercado como entorno de selección

La idea de que la competencia de mercado en un sector opera como entorno de selección era explícita en los escritos de los grandes teóricos económicos del siglo XIX y comienzos del siglo XX. En un sistema evolutivo schumpeteriano estilizado, la zanahoria y el garrote motivan a las firmas para que introduzcan 'mejores' productos o métodos de producción. El término 'mejor' tiene aquí un significado ambiguo: menor costo de producción o un producto que los consumidores estén dispuestos a comprar a un precio superior al costo. En todo caso, el criterio se reduce, en su expresión más simple, a un mayor beneficio monetario. Las innovaciones exitosas aumentan los beneficios del innovador y las oportunidades de inversión. Las firmas rentables crecen y con ello recortan el mercado y reducen la rentabilidad de las no innovadoras; esto, a su vez, obliga a que éstas negocien. Así, los beneficios visibles de los innovadores y las pérdidas de los rezagados llevan a que los últimos traten de imitar.

La dinámica schumpeteriana puede ser diferente, dependiendo de que la innovación sea un nuevo producto o un nuevo proceso. En el primer caso, la rentabilidad de la firma está condicionada por la respuesta de los consumidores potenciales. En el caso de la innovación de proceso, que no cambia la naturaleza del producto, las presiones del consumidor son menos imperiosas. La firma puede estimar la rentabilidad considerando el efecto sobre los costos, sin preocuparse demasiado por la respuesta del consumidor. Además, y reforzando estas diferencias, la innovación de producto usualmente proviene de la propia I&D de la firma; es probable que las innovaciones de procesos provengan de la I&D realizada por los proveedores y que estén incorporadas en sus productos. En este caso,

es probable que la imitación de una innovación de proceso por parte de un competidor ocurra rápidamente y que sea inducida por un proveedor del mercado, en vez de ser retardada por una patente.

La expansión del innovador y la imitación por los competidores son esenciales para la viabilidad del proceso schumpeteriano. Las descripciones estándar de la dinámica de la competencia destacan la expansión del innovador. Sorprende, entonces, que no se haya estudiado empíricamente la relación entre innovación e inversión. Los principales estudios sobre la inversión de las firmas se basan en la teoría neoclásica, modificada por consideraciones keynesianas, y tienden a ignorar las relaciones entre innovación y expansión de la empresa. La teoría de la tensión entre ganancias y capacidad, expuesta por Meyer-Kuh [1957], implicaría que los innovadores exitosos tienden a expandirse. Es de suponer que una innovación exitosa arroje beneficios y atraiga una demanda que, por lo menos inicialmente, exceda la capacidad. Una teoría neoclásica más refinada también predeciría que las firmas que empiezan con mejores procesos y productos deben tender a ampliar su capacidad de producción. Pero los principales estudios sobre la inversión, virtualmente sin ninguna excepción, ignoran la influencia de la innovación sobre la inversión.

Pueden exceptuarse los estudios donde la hipótesis básica del autor se refiere a las interacciones schumpeterianas. Mueller [1967] encuentra que los gastos rezagados en I&D realizados por una firma tienen una influencia positiva sobre su inversión en plantas y equipos nuevos. En un estudio posterior, Grabowski y Mueller [1972] usaron los rezagos de las patentes como indicador del producto de la I&D, pero encontraron que su impacto sobre la inversión en planta y equipo es estadísticamente débil. El estudio de Mansfield da un mayor apoyo a una visión schumpeteriana; al examinar la inversión industrial, Mansfield [1968] encuentra que el número de innovaciones recientes es una variable significativamente explicativa, que incrementa las variables más tradicionales. Pero sus resultados quizá más interesantes se refieren a la comparación de las tasas de crecimiento de la firma: encuentra que las firmas innovadoras tienden, en efecto, a crecer más rápido que las retrasadas. Sin embargo, aunque las ventajas de los innovadores tienden a persistir por varios períodos, tienden a reducirse con el tiempo, debido aparentemente a que las demás han sido capaces de imitar o de empezar con innovaciones comparables o superiores.

En contraste con la escasez de estudios sobre la relación entre inversión e innovación exitosa, numerosos trabajos estudian la propagación de

innovaciones por su difusión (imitación) entre los sectores que buscan beneficios [Mansfield 1973]. La gama de sectores va desde la agricultura (estudio de la difusión del maíz híbrido entre los granjeros), pasando por los ferrocarriles (motores diesel) y la fabricación de cerveza, hasta el acero. Muchos documentan el papel de la rentabilidad de una innovación sobre la velocidad de difusión de la innovación. Sin embargo, otros concluyen que el cálculo de las empresas tiende a ser aleatorio y que, incluso *ex post*, las firmas tienen poca idea, cuantitativamente, de cuán rentable llega a ser la innovación [Nasbeth y Ray 1974]. Algunos encuentran que, puesto que es muy costoso poner en funcionamiento las innovaciones, las empresas grandes (con mayores recursos financieros) tienden a adoptar una nueva tecnología antes que las empresas pequeñas, aunque hay excepciones. La mayoría de ellos muestran un patrón de uso de las nuevas innovaciones en forma de S a través del tiempo. En muchos casos, esto se ha atribuido al hecho de que los usuarios más tardíos observan el comportamiento (y quizá el desempeño) de los primeros en adoptarlas antes de tomar sus propias decisiones. En otros casos, las innovaciones fueron insumos proporcionados por un proveedor, y los primeros en adoptar las innovaciones no estaban en posición de bloquear su utilización por parte de sus competidores. En otras ocasiones, ése no era el caso; por ejemplo, una compañía productora de vidrio, Pikington, poseía las patentes básicas para el soplado de vidrio y presumiblemente tenía interés en limitar su difusión a otras empresas, excepto donde Pikington no tenía acceso al mercado. Es interesante que, en general, los analistas de la difusión no hayan estado informados de estas diferencias.

También es sorprendente que en ningún estudio de los que conocemos se haya intentado estudiar conjuntamente el papel dual de la expansión del innovador y la imitación por parte del imitador. Es claro que para que el entorno de selección de mercado funcione eficazmente, se requiere un balance bastante fino entre esos dos mecanismos. En la sección de conclusiones se retomará esta cuestión.

Entornos de selección distintos del mercado

Mientras que los economistas han concentrado su atención en los sectores de mercado, la investigación sobre los entornos de selección distintos del mercado ha sido emprendida sobre todo por antropólogos, sociólogos y politólogos. De por sí, esto suscita diferencias de enfoque y análisis. Pero en gran medida las diferencias de análisis parecen reflejar diferencias en los entornos de selección.

Un elemento esencial en la teorización de los entornos de selección de mercado es la clara separación entre 'firmas', de un lado, y consumidores y reguladores, del otro. Se supone que la valoración de los productos por los consumidores —contra otros productos y su precio— es el criterio que determina la asignación de los recursos. Las firmas están obligadas a competir por las compras de los consumidores y los mercados funcionan bien o mal dependiendo del grado en que la rentabilidad de una firma aumenta o reduce su capacidad para satisfacer la demanda del consumidor y es mayor que la de sus rivales. Así, la viabilidad de una innovación depende de su valoración por los consumidores.

Una característica de los sectores 'de no mercado' (*nonmarket sectors*) es que la separación de intereses entre firmas y clientes no es tan nítida como en los sectores de mercado. La relación entre una agencia pública —como la de un sistema escolar con su clientela (estudiantes y padres de familia) y sus fuentes de financiación (alcalde, consejo, votantes)— no es tan distante como la relación entre el vendedor y el comprador potencial de un automóvil nuevo. Además, la cuestión de cómo se determinan los valores legítimos es mucho más compleja que en los sectores de mercado. Se espera que la agencia pública desempeñe un papel esencial en la articulación de los valores, que los internalice y que actúe en favor del interés público por su propia voluntad. Esto sucede en muchas actividades que nominalmente son del 'sector privado', como la provisión de servicios de salud por parte de los médicos. Se supone que un médico no decide usar una nueva droga esperando que sea rentable para él sino con la esperanza de beneficiar a sus pacientes; además, se supone que sabe mucho más que sus pacientes. Esto no significa que en la realidad los intereses de las firmas y de los consumidores siempre sean armoniosos. En muchos sectores 'de no mercado' (igual que en los sectores de mercado donde hay escasa competencia) la firma tiene enorme poder discrecional con respecto a lo que ofrece y el consumidor tiene poco poder para premiar o castigar el desempeño. Pero, en general, no se considera que el mecanismo de 'control' adecuado para un proveedor de bienes y servicios en un sector 'de no mercado' sea la competencia entre proveedores por los dólares de los consumidores. Por estas razones, no se puede suponer simplemente que las motivaciones de las firmas en los sectores 'de no mercado' son los beneficios monetarios. Esto dificulta el análisis de los valores que operan en la aceptación o rechazo de una innovación. A diferencia de la teoría de la firma de los libros de texto, en la teoría del comportamiento del consumidor los gustos son importantes, y éstos son

difíciles de analizar y pueden no ser estables. Aun en situaciones donde hay un objetivo bien definido, y la decisión de emplear o no una innovación determina la eficacia relativa para lograr ese objetivo, resulta difícil identificar los criterios pertinentes. Así, en el estudio de Coleman, Katz y Menzel [1957], sobre la difusión de un nuevo producto farmacéutico entre los médicos, los autores ni siquiera intentan especificar cuantitativamente los aspectos en que el nuevo producto era médicamente superior a las alternativas preexistentes. En el estudio de Warner [1974] —sobre la decisión de usar nuevas técnicas de quimioterapia para tratar el cáncer, en aquellos tipos de cáncer donde una fracción importante de los pacientes se trataba con quimioterapia— no hubo evidencia cuantitativa de que la terapia tuviera algún efecto. Los médicos tomaban sus decisiones con base en sus creencias pero sin ninguna evidencia objetiva. Friedman [1973], en su estudio de la aceptación y difusión de un programa de reformas judiciales, pudo identificar algunas de las razones que hacían atractiva la reforma para las agencias claves. Pero éstas eran cualitativas y es interesante que, después de adoptar la reforma, no se supervisaron los programas para evaluar si la reforma estaba funcionando como se esperaba. Por cierto, el programa se deterioró con el tiempo al menos en una dimensión importante y nadie lo advirtió.

El control político y normativo sobre las firmas no puede ofrecer el conjunto de valores, señales e incentivos relativamente obligatorio, aunque no siempre coercitivo, que proporciona la soberanía del consumidor en los sectores de mercado. Por tanto, hay mayor espacio para el comportamiento autónomo y discrecional de los proveedores. Sin embargo, el empleo de mecanismos políticos y de regulación por parte del gobierno, a diferencia de la soberanía del consumidor, implica que en muchos casos las partes se deben poner de acuerdo antes de que una innovación entre en operación. En el estudio de Friedman sobre la reforma judicial, la policía y las cortes debían estar de acuerdo con la propuesta y la aprobación legislativa era necesaria donde estaba en juego el presupuesto. Las agencias del gobierno a menudo deben lograr la aprobación expresa de los dirigentes políticos y legislativos antes de poner en marcha un nuevo programa.

La no separación de proveedores y demandantes deja poco espacio para que las firmas compitan por los dólares de los consumidores. Donde hay una sola entidad proveedora, como la Oficina Postal o el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el uso difundido de una innovación es una cuestión de decisión interna condicionada y presionada en algún

grado por procesos políticos de alto nivel. Donde hay muchos proveedores, como en medicina o en el nivel estatal o local del gobierno, las innovaciones se difunden ante todo por medio de la imitación entre firmas no competidoras. Al mismo tiempo, no hay incentivos para que la firma innovadora se oponga a la imitación. Las organizaciones que no pueden extenderse al terreno de las otras y saben que las otras tampoco pueden entrar en su territorio tienen poco que ganar impidiendo que las demás adopten sus innovaciones exitosas. Por cierto, en muchos de los sectores aquí mencionados, hay acuerdos formales para la cooperación y el intercambio de información entre empresas. En otros, las organizaciones de profesionales establecen los valores y juzgan el mérito de las nuevas innovaciones. El sello de aprobación profesional a veces es el único criterio de evaluación disponible para un no profesional.

Consideremos el cuasi mercado para la provisión de servicios médicos. Si no existen fuertes presiones de los consumidores o de los reguladores externos, el bienestar del consumidor es preservado (quizá no con firmeza) por los estándares profesionales de eficacia del tratamiento. Para evaluar la eficacia de un nuevo tratamiento los médicos consultan entre sí y aparentemente buscan el consenso profesional guiados por el juicio de algunos expertos reconocidos. El estudio de Mohr [1969] sobre la difusión de nuevas prácticas y políticas en los servicios de salud pública revela un funcionamiento profesional semejante. El estudio de Walker [1969] sobre los patrones de liderazgo y rezago entre los gobiernos estatales con respecto a la adopción de nuevos programas indica la presencia de grupos regionales cuyos líderes (generalmente, los Estados populosos, urbanos y ricos) son considerados como puntos de referencia y modelos por los funcionarios de otros Estados.

Los dictámenes profesionales son atenuados por condicionantes políticos al gasto presupuestal y otras regulaciones del gobierno que moldean la toma de decisiones con más detalle. Mohr encontró que la velocidad de adaptación de nuevas prácticas por los servicios locales de salud pública se relacionaba positivamente con el grado de control de los profesionales en salud pública sobre la entidad clave. Sin embargo, la inclinación profesional a adoptar nuevas técnicas era atenuada por restricciones políticas y presupuestales. Éstas, ligadas a la composición y quizá a las actitudes de las poblaciones 'consumidoras' locales, limitaban, en forma no muy definida, las innovaciones que podían adoptar los servicios locales de salud pública. En forma similar, el estudio de Walker mostró que las restricciones presupuestales impuestas por los sistemas políticos estata-

les atenuaban significativamente la disposición de los funcionarios estatales para seguir programas avanzados (es decir, programas adoptados por otros Estados cuyos criterios ellos admitían).

El estudio de Crain [1966] sobre la difusión de la 'fluorización' del agua potable en las ciudades norteamericanas es quizá el ejemplo más revelador de un sector en que las firmas se inclinan a adoptar una innovación con base en nociones de adecuación profesional o técnica, pero tiende a ser rechazada por los consumidores. Crain señala que la difusión de la fluorización fue rápida al comienzo, en un contexto en que los profesionales locales estaban a cargo de la decisión. Después de un tiempo, la fluorización se convirtió en un asunto político y los alcaldes empezaron a tomar la decisión dejando sin autoridad a los profesionales. La difusión de la fluorización se redujo notablemente. Años después, era normal que un referéndum popular fuera el medio para tomar la decisión. Este desarrollo detuvo prácticamente la difusión de la fluorización.

En todos los casos, el patrón es bastante diferente del que los economistas encuentran en los sectores de mercado. Sin embargo, es fácil percibir los elementos comunes que deben enfatizarse en la modelación: las motivaciones de las firmas del sector (en general, no traducibles en términos de beneficios monetarios), los medios (si hay) con que cuentan los consumidores (o los votantes) y los financiadores (o las legislaturas) para condicionar el comportamiento de las firmas, y los mecanismos de información y valoración que comparten las firmas en el proceso de imitación (el mecanismo predominante en la difusión de innovaciones).

EFFECTOS DE LA ESTRUCTURA INSTITUCIONAL

En las dos secciones anteriores se esbozaron algunos componentes —que pueden insertarse, ampliarse y complementarse— de una teoría de la innovación que sea útil. La conceptualización ha abordado con seriedad los dos requisitos básicos que se estipularon al comienzo: que la innovación sea tratada como un proceso intrínsecamente estocástico y que la formulación abarque una gran variedad y complejidad institucional.

El simple hecho de tener en cuenta la incertidumbre y la diversidad institucional que rodean a la innovación puede ayudar a reflexionar sobre las cuestiones de política de un modo más sofisticado del que se acostumbra. Consideremos, por ejemplo, la literatura sobre el papel de las empresas con enorme poder de mercado en el proceso de innova-

ción.⁹ En un grado angustioso, ésta ha ubicado el problema dentro de un esquema estático. Sin embargo, Schumpeter, principal fuente intelectual de la discusión actual, nunca vio el problema de la innovación en términos estáticos. En su análisis siempre tuvo presente que la innovación era un negocio incierto, que era importante someter a prueba las cosas nuevas, separar las buenas de las malas, y que la eficacia para hacerlo era la principal virtud de la competencia capitalista. En su *Teoría del desarrollo económico*, el argumento sobre el poder de monopolio inherente a los innovadores se ocupaba explícitamente del monopolio transitorio como consecuencia de la innovación y como estímulo para ella. En su *Capitalismo, socialismo y democracia* hay mucho más que un argumento estructural; pero la estructura deseable que proponía no era la de un monopolio protegido de la competencia. Las empresas de la *Teoría del desarrollo económico* habían crecido, pero 'el proceso de destrucción creativa' difícilmente es una propuesta de vida tranquila para los monopolistas.

Después, muchos análisis proceden como si la presencia, o la ausencia, de empresas grandes con enorme poder de mercado fuera la diferencia institucional esencial entre sectores económicos. En realidad, las diferencias intersectoriales en presencia de 'grandes empresas' no son una explicación sólida de las diferencias intersectoriales en el crecimiento de la productividad. Si esa fuese la diferencia institucional clave, habría pocas esperanzas de diseñar una política eficaz. Pero, por supuesto, hay muchas otras variaciones institucionales además de las diferencias en el tamaño promedio o en el poder de mercado de las empresas. En algunos sectores, las instituciones básicas no son empresas en el sentido corriente del término (atención médica, recolección de basuras, etcétera). Y, aun donde puede demostrarse convincentemente que las empresas grandes pueden internalizar los beneficios de la I&D mejor que las empresas pequeñas, una política alternativa consistiría en establecer organizaciones gubernamentales o sin ánimo de lucro para realizar esas actividades, en vez de confiar en las empresas grandes.

La razón para subrayar la incertidumbre y la complejidad y diversidad institucionales es que estos notorios atributos de la innovación son ignorados en la mayor parte de la literatura dedicada a la política de innovación. Esto es particularmente cierto en la literatura que se ocupa del problema del crecimiento interindustrial de la productividad, que para

9 Para una excelente revisión de esa literatura, ver Kamien y Schwartz [1975].

nosotros es quizá el fenómeno más urgente de entender para que el análisis contribuya seriamente a la discusión de políticas. Sin embargo, el mero reconocimiento de estos hechos no lleva muy lejos.

Creemos que las dos principales propuestas teóricas que hemos expuesto —modelar la generación de innovaciones como el resultado probabilístico condicional de diversas estrategias de I&D y modelar el destino de una innovación en términos del funcionamiento del entorno de selección— serán muy provechosas. El concepto de ‘entorno de selección’ es útil para describir algunas importantes diferencias institucionales entre sectores, explorar algunas consecuencias de esas diferencias y resolver el problema del crecimiento interindustrial de la productividad. Es claro que hay notables diferencias entre los entornos de selección de cada sector y que éstas pueden afectar la velocidad y el alcance de la difusión de cualquier innovación. A primera vista puede conjeturarse que estas diferencias influyen en el nivel de productividad pero no en su tasa de crecimiento. Esta conjetura es errónea por dos razones. Primera, aunque se suponga que la tasa de introducción de la ‘práctica óptima’ no depende del entorno de selección, no es claro por qué los sectores deben caracterizarse por una relación constante entre la práctica promedio y la ‘práctica óptima’. En algunos sectores ‘de no mercado’ es difícil identificar las fuerzas que impiden la caída de esa relación. Esto sugiere que un fértil campo de investigación es la naturaleza de los sistemas de evaluación y diseminación de información sobre innovaciones en los sectores de ‘no mercado’ (puesto que en estos sectores la imitación juega un papel esencial en la difusión de las innovaciones). Si entendiéramos esto mejor, quizá veríamos la importancia de mejorar esos sistemas y la forma de hacerlo.

Segunda, y más importante, el entorno de selección retroalimenta e influye en los incentivos para la I&D de las empresas de un sector. Pensamos que el concepto de ‘entorno de selección’ es más adecuado que los conceptos económicos convencionales para comprobar las externalidades de la I&D. En los sectores ‘de no mercado’ es difícil hacer generalizaciones, incluso tentativas. La más importante es que quizá sólo haya un nexo casual entre los incentivos para la I&D de los proveedores públicos o sin ánimo de lucro y los beneficios de los consumidores.

Con respecto a los sectores de mercado, la situación es más compleja de lo que admiten los economistas interesados en las ‘externalidades’; además, las externalidades son indisociables de la dinámica. Por ejemplo, revisemos nuestra comparación entre los entornos de selección de la agricultura y de la producción aeronáutica [Nelson y Winter 1974]. El

hecho de que los fabricantes de aviones puedan ampliar rápidamente su planta y que la imitación sea difícil se traduce en un gran estímulo —y quizá excesivo— para que las empresas hagan I&D. En la agricultura, el hecho de que la extensión sea baja en comparación con la imitación significa que hay pocos incentivos para que las empresas hagan I&D: el apoyo a la I&D depende de los proveedores y de las agencias públicas. La división entre I&D ‘propia’ e I&D ‘del proveedor’, y entre financiación privada y pública —analizada en la literatura sobre el crecimiento diferencial de la productividad— refleja claramente diferencias estructurales implícitas de este tipo. El concepto de ‘entorno de selección’ permite analizarlas. Se puede pensar que la hipótesis ‘schumpeteriana’, en su forma ingenua, plantea que los rendimientos de la I&D se internalizan en mayor medida cuando hay una pocas empresas grandes que cuando hay muchas empresas pequeñas. Pero es claro que lo que hay en juego es mucho más que las simples diferencias en el tamaño de las empresas; además, el tamaño de las empresas es endógeno al sistema y no viene dado desde afuera.

El tratamiento dinámico explícito del entorno de selección permite ver los problemas potenciales de la legislación antimonopolio que, pese a haberse discutido verbalmente, desafían el tratamiento formal de los modelos tradicionales [Phillips 1973]. Cuando una gran innovación da a una empresa una ventaja considerable sobre las demás, como en la aviación, cuando las empresas pueden crecer rápidamente y hay pocos límites al tamaño, y cuando la imitación es difícil, la estructura monopólica puede ser un resultado de la competencia, por razones que no aclaran los libros de texto que se centran en las economías de escala. La pregunta de qué hacer con la estructura monopólica de la aviación civil o con la IBM es muy compleja. Pero, al menos, la estructura teórica que proponemos permite ver esas cuestiones.

En contraste con el análisis del entorno de selección, donde el enfoque era explícitamente institucional, hay pocos aspectos explícitamente institucionales en nuestro análisis de las estrategias de I&D. En particular, la discusión de las trayectorias naturales —que consideramos asociadas a los sectores de más rápido avance tecnológico— puede tener una leve semejanza con las ‘innatas’. Sin embargo, sugerimos que aún no está resuelto el problema de la existencia de trayectorias naturales inevitables en unos sectores y no en otros. Hemos planteado que en las trayectorias naturales hay implícito un conjunto de conocimientos que facilita el avance y que en el último medio siglo la ciencia formal ha sido una parte im-

portante de ese conocimiento. La pregunta clave es, entonces: ¿en qué medida son inevitables las direcciones en que avanza la ciencia y en qué medida éstas pueden ser moldeadas por una política deliberada?

Es claro que la evolución del conocimiento científico básico tiene cierta lógica e impulso propios. Es disparatado intentar guiar esa evolución con alguna precisión o creer que los conocimientos básicos pueden aumentar simplemente porque la retribución es alta. Sin embargo, los campos de la aerodinámica y de la termodinámica aplicada no evolucionaron tan rápida y fructíferamente únicamente porque estaban 'maduros' y había grupos de académicos interesados en ellos. Por el contrario, fueron cuidadosamente cultivados y financiados, y hubo instituciones que se preocuparon por su desarrollo. En forma similar, en agricultura y medicina se han establecido instituciones y fondos públicos para el avance del conocimiento que alimenta las tecnologías.

Proponemos lo siguiente. Aunque las externalidades penetran los procesos de innovación, son mayores en las actividades que producen conocimientos y datos. En todos los sectores donde las tecnologías cuentan con fundamentos científicos sólidos, las instituciones distintas de las 'firmas' del sector desempeñan el papel principal en el desarrollo de esa ciencia. En muchos casos estas instituciones son 'universidades', y sus campos se definen por intereses académicos. Pero en algunos casos se han establecido instituciones que tienen éxito para construir conocimientos relevantes para una tecnología y continuar ampliando esa base de conocimientos. El estudio de estos casos debería ser prioritario para quienes se interesan por el problema del gran desbalance en el desarrollo tecnológico.

No pretendemos llevar muy lejos estos argumentos particulares. Planteamos estas cuestiones y algunas proposiciones tentativas para ilustrar las que se deducen naturalmente de nuestra propuesta teórica. Esperamos haber convencido al lector de que hay en germen una concepción de la innovación, y un lenguaje para hablar de las innovaciones, que puede integrar una parte no trivial del actual cúmulo de tradiciones de investigación desarticuladas. Éste sería un buen paso para seguir avanzando.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baumol, W. 1967. "The macro economics of unbalanced growth", *American Economic Review* 57, junio, 415.
- Binswanger, H. 1974. "A micro economic approach to induced innovation", *Economic Journal* 84, diciembre, 940.

- Binswanger, H. y Ruttan, B. 1976. *The Theory of Induced Innovation and Agricultural Development*, John Hopkins, Baltimore.
- Brown, M. y Conrad, A. 1967. "The influence of research and education on CES production relations"; Brown, M. editor, *The Theory and Empirical Analysis of Production*, Columbia University Press for NBER.
- Coleman, J. et al. 1957. "The diffusion of an innovation among physicians", *Sociometry* 20, diciembre, 253.
- Crain, R. 1966. "Fluoridation: The diffusion of an innovation among American cities", *Social Forces*, junio, 467.
- David, P. 1974. *Technical Change, Innovation and Economic Growth*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Evanson, R. y Kislev, Y. 1975. *Agricultural Research and Productivity*, Yale University Press.
- Freeman, C. 1974. *The Economics of Industrial Innovations*, Penguin, Harmondsworth.
- Friedman, I. 1973. *Innovation and Diffusion in Nonmarkets: Case Studies in Criminal Justice*, Yale University, Ph.D. Dissertation.
- Gilpin, R. 1975. *Technology, Economic Growth and International Competitiveness: A Report Prepared for the Joint Economic Committee of the US Congress*, julio 19, USGPO, Washington.
- Grabowski, H. y Mueller, D. 1972. "Managerial and stockholder welfare models of firms expenditures", *Review of Economics and Statistics* 54, febrero, 9.
- Griliches, Z. 1957. "Hybrid corn: an explorations in the economics of technological change", *Econometrica* 25, octubre, 501.
- Griliches, Z. 1973. "Research expenditures and growth accounting", Williams, B. editor, *Science and Technology in Economic Growth*, Halsted Press, Nueva York, 1973.
- Habakkuk, H. 1962. *American and British Technology in the 19th Century*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Hayami, Y. y Ruttan, D. 1971. *Agricultural Development: An International Perspective*, John Hopkins, Baltimore.
- Hughes, W. 1971. "Scale economies and electric power", Capron, W. editor, *Technical Change in Regulated Industries*, Brookings, Washington, 1971.
- Jewkes, J. Sawers, D. y Stillerman, R. 1961. *The Sources of Innovation*, Norton, Nueva York.
- Kamien, M. y Schwartz, N. 1975. "Market structure and innovation: a survey", *Journal of Economic Literature* 13, marzo.
- Kendrick, J. 1961. *Productivity Trends in the United States*, NBER, Princeton University Press.
- Kendrick, J. 1973. *Postwar Productivity Trends in the United States, 1948-1969*, Princeton University Press for the NBER.
- Kennedy, C. y Thirlwall, R. 1972. "Surveys in applied economics: technical progress: a survey", *Economic Journal* 82, marzo, 11.

- King, A. 1974. *Science and Policy: The International Stimulus*, Oxford University Press.
- Leonard, W. 1971. "Research and development in industrial growth", *Journal for Political Economy* 79, marzo-abril, 232.
- Levin, R. 1974. *Technical Change. Economies of Scale, and Market Structure*, Yale University Ph.D. Dissertation.
- Mansfield, E. 1968. *Industrial Research and Technological Innovation*, Norton, Nueva York.
- Mansfield, E. 1972. "The contribution of R&D to economic growth in the US", *Science* 175, febrero, 477.
- Mansfield, E. 1973. "Determinants of the speed of application of new technology", Williams B. editor, *Science and Technology in Economic Growth*, Halsted Press, Nueva York.
- Meyer, J. y Kuh, E. 1957. *The Investment Decision: An Empirical Study*, Harvard University Press.
- Miller, R. y Sawers, D. 1968. *The Technical Development of Modern Aviation*, Routledge and Keegan Paul.
- Mueller, D. 1967. "The firms decision process: an econometric investigation", *Quarterly Journal of Economics* LXXXI, febrero, 58.
- Mohr, L. 1969. "The determinants of innovation in organization", *The American Political Science Review* 63, 111.
- Nasbeth, L. y Ray, G. 1974. *The Diffusion of New Industrial Processes*, Cambridge University Press.
- Nelson, R., Peck, M. y Kalachek, E. 1967. *Technology, Economic Growth and Public Policy*, Brookings, Washington.
- Nelson, R. y Winter, S. 1974. "Neoclassical vs. Evolutionary theories of economic growth", *Economic Journal* 84, diciembre, 886.
- Nelson, R. y Winter, S. 1975a. "Factor price changes, and factor substitution in an evolutionary model", *Bell Journal of Economics* 6, otoño, 466.
- Nelson, R. y Winter, S. 1975b. "Growth theory from an evolutionary perspective: the differential productivity growth puzzle", *American Economic Review* 65, mayo, 338.
- Nelson, R. y Winter, S. 1976a. "Dynamic competition and technical progress", Balassa, B. y Nelson, R. editores, *Private Incentives, Social Values and Public Policy Essays in Honor of William Fellner*, North-Holland, Amsterdam.
- Nelson, R. et al. 1976b. "Technical change in an evolutionary model", *Quarterly Journal of Economics* 90, febrero, 90.
- Nordhaus, W. 1973. "Some skeptical faults on the theory of induced innovation", *Quarterly Journal of Economics* 87, mayo, 208.
- Nyman, S. y Silberston, A. 1971. *An Approach to the Study of the Growth of Firms*, paper presented at Second Conference of Economics of Industrial Structure, Holanda.
- Pavitt, K. 1971. *Conditions of Success in Technological Innovation*, OECD, París.

- Piore, M. 1968. "The Impact of the labor market upon the design and selection of productive techniques within the manufacturing plant", *Quarterly Journal of Economics* 82, noviembre, 602.
- Phillips, A. 1973. *Technology and Market Structure*, Heath Lexington.
- Raines, P. s.f. "The impact of applied research and development on productivity", Washington University Working paper No. 6814.
- Rosenberg, N. 1969. "The direction of technological change. Inducement mechanisms and focusing devices", *Economic Development and Cultural Change* 18, octubre, 6.
- Rosenberg, N. 1972. *Technology and American Economic Growth*, Harper Torch, Nueva York.
- Salter, W. 1966. *Productivity and Technical Change*, Cambridge University.
- Schmookler J. 1952. "The Changing deficiency of the American economy 1869-1938", *Review of Economics and Statistics* 34, agosto, 214.
- Schmookler, J. 1966. *Innovation and Economic Growth*, Harvard University Press.
- Schumpeter, J. 1934. *The Theory of Economic Development*, Harvard University Press.
- Schumpeter, J. 1950. *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper and Row, Nueva York.
- Setzer, F. 1974. *Technical Change over the Life of a Product: Changes in Skilled Inputs and Production Processes*, Yale University Ph.D. Dissertation.
- Simon, H. y Newell, A. 1972. *Human Problem Solving*, Prentice-Hall, Nueva York.
- Science Policy Research Unit, SPRU. 1972. *Success and Failure in Industrial Innovation*, Center for Study of Industrial Innovation, Londres.
- Terleckyj, N. 1974. *The Effect of R&D on Productivity Growth in Industries*, National Planning Association, noviembre.
- Walker, J. 1969. "The diffusion of innovation among American states", *American Political Science Review* 63, septiembre, 880.
- Warner, K. 1974. *Diffusion of Leukemia Chemotherapy*, Yale University Ph.D. Dissertation.