



EL COLEGIO DE MÉXICO

CENTRO DE ESTUDIOS ECONÓMICOS

MAESTRÍA EN ECONOMÍA

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN ECONOMÍA

"INVERSIÓN EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO:

EL CASO DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA

DE MÉXICO"

LETICIA RAMÍREZ DE ALBA LEAL

PROMOCIÓN 1996-1998

ASESOR:

DR. ALEJANDRO CASTAÑEDA SABIDO

JULIO DE 2001



A todas las personas que hicieron posible este trabajo

GRACIAS

Resumen

Las inversiones en investigación y desarrollo incrementan el bienestar de la población porque conducen a la generación y adopción de innovaciones que mejoran el uso de recursos. Sin embargo, las empresas no siempre tienen incentivos a invertir en investigación y desarrollo porque no tienen certidumbre sobre los beneficios que pueden obtener por medio de dichas inversiones. Empíricamente se observa que, aunque las inversiones en investigación y desarrollo contribuyen a incrementar sus ganancias, la empresa mexicana promedio tiende a invertir poco en este tipo de actividades.

Índice

Introducción	1
I. La innovación y la eficiencia	2
II. Conocimiento e innovación	7
III. Importancia de la capacidad de absorción	10
IV. Motivos para invertir en investigación y desarrollo	11
V. Velocidad de absorción y velocidad de los derrames	12
VI. Inversión en investigación y desarrollo y reducción de costos	17
VII. Metodología	18
VIII. Estimación de los derrames de conocimiento	22
IX. Datos	23
X. Estimación del modelo	24
XI. Limitaciones	25
XII. Resultados	29
Conclusión	33
Bibliografía	34

Introducción

En general, las empresas generan nuevos productos y ponen en marcha nuevos procesos con el objetivo de incrementar su eficiencia. La innovación tecnológica favorece la explotación de los factores de producción, lo cual se refleja en la reducción de costos y en el aumento de ganancias. Sin embargo, no existe una función de producción que relacione una cantidad dada de insumos con un cierto nivel de innovaciones debido a que el azar interviene en la generación de estas últimas. Además, para innovar no solo se requiere de un hecho azaroso sino de una mente preparada capaz de aprovecharlo. Por tanto, para aumentar la probabilidad de innovar se deben de generar las condiciones necesarias para la generación de nuevos productos y procesos, es decir, se debe de invertir en investigación y desarrollo para contar con personas capaces de generar innovaciones. Las empresas también producen nuevos productos y utilizan nuevos procesos generados en el exterior. Por tanto, las empresas deben de generar las condiciones necesarias para la adopción, es decir, necesitan de personal capacitado para aprovechar los nuevos productos y procesos generados fuera de la empresa.

Los beneficios que obtienen las empresas por sus inversiones en investigación y desarrollo dependen de las innovaciones que ellas realicen y de la velocidad de adopción de innovaciones. Como ya se mencionó, las empresas pueden generar nuevos productos y procesos, o pueden adoptar los generados externamente. Para la empresa innovadora una velocidad de adopción muy acelerada afecta a sus beneficios negativamente. En cambio, la adopción acelerada tiene efectos positivos sobre las ganancias de las empresas que adoptan. En el sector manufacturero de México, aparentemente las empresas tienden a invertir menos en investigación y desarrollo cuando los agentes externos invierten más en este tipo de actividades, es decir, tienden a sustituir su gasto en investigación y desarrollo con el gasto en investigación y desarrollo de los agentes externos. Este fenómeno puede reflejar el hecho de que las empresas mexicanas del sector manufacturero se enfocan más en la adopción de innovaciones y no en su generación.

En este trabajo se abordan brevemente algunos aspectos referentes a la innovación y se pretende dar una visión general de varios de los factores que afectan las decisiones de inversión en investigación y desarrollo de las empresas. Además, se presenta un

ejercicio empírico que pretende mostrar el comportamiento de las inversiones en investigación y desarrollo de las empresas de la industria manufacturera mexicana utilizando una función de costos.

I. La innovación y la eficiencia

Las inversiones en investigación y desarrollo, a través de la innovación tecnológica que comprende la implementación¹ de productos y procesos generados tanto interna como externamente,² contribuyen a mejorar el uso de los factores de producción. Para la empresa, dicha mejora se traduce en menores costos y, por tanto, en mayores beneficios. Por un lado, existen nuevos productos que juegan el papel de factores de producción, por ejemplo, nuevos insumos o nuevos bienes de capital, que amplían el conjunto de posibilidades de producción de las empresas. Por otro lado, existen nuevos procesos de producción que mejoran el desempeño de las empresas mediante una organización que se adapta a las nuevas necesidades de producción.

En primer lugar, la innovación de producto comprende la implementación de nuevos bienes y servicios que se generaron para cumplir las funciones de los ya existentes, pero que son de mejor calidad y/o requieren de menos cantidad de factores para su producción – por tanto, pueden producirse a un costo más bajo - o por la implementación de productos con funciones totalmente nuevas. El nuevo producto que genera una empresa puede significar un nuevo factor de producción para otra, por ejemplo una nueva máquina o un insumo mejorado. En este sentido, un nuevo factor de producción que juegue el papel de los anteriores se traduce en nuevas combinaciones de factores que hacen posible la producción. Como el conjunto de posibilidades de producción es más grande, la empresa está en posición de elegir entre más opciones aquella que le resulte mejor. En consecuencia, tendrá mayores probabilidades de asignar

¹ De acuerdo con la OCDE (1992a), se entenderá por implementación, en el caso de innovación de producto, a la introducción en el mercado de un nuevo producto; y, en el caso de innovación de proceso, a la puesta en marcha de un nuevo proceso. Por tanto, no se consideran como innovaciones a las invenciones que no son lanzadas al mercado o que nunca han sido utilizadas.

² El Manual de Oslo, publicado por la OCDE, expone que la innovación comprende a los "productos y procesos tecnológicamente nuevos que han sido implementados así como las mejoras tecnológicamente significativas en productos y procesos" (citado en Goddard, 1998, p. 2).

de mejor manera sus recursos y así aumentar la eficiencia de su proceso de producción al mismo tiempo que reduce sus costos.

En segundo lugar, uno de los objetivos de la innovación de procesos es la búsqueda de la eficiencia mediante la minimización del uso de factores de producción³. Un proceso es un método de producción. El conjunto de métodos de producción es lo que se conoce como tecnología. En palabras de Jacques Ellul, “[t]ecnología es la organización y aplicación del conocimiento para el logro de fines prácticos. Incluye manifestaciones físicas como las máquinas y herramientas, pero también técnicas intelectuales y procesos utilizados para resolver problemas y obtener resultados deseados”⁴. En este sentido, la innovación de proceso también constituye un cambio en las técnicas de producción.

Cuando se han introducido nuevos factores de producción al proceso productivo, generalmente se requiere de cambios en la forma de organización para aprovechar al máximo las ventajas que ofrecen estos nuevos factores. La innovación de proceso es muy importante para evitar la llamada paradoja de la productividad (OCDE, 1992b). Dicha paradoja se presenta cuando, a pesar de las fuertes inversiones realizadas para aumentar la productividad de los factores, las ganancias en productividad son muy pobres. En algunos casos este fenómeno aparece cuando al producir un bien o servicio nuevo que requiere de nuevos procesos de producción para su generación se aplican los mismos procesos que se utilizaban para producir los antiguos bienes. Por tanto, las ganancias que se pudieran obtener a partir de un nuevo factor de producción se reducen porque los procesos de la empresa no se adaptan a los nuevos requerimientos.

Desde el punto de vista del análisis microeconómico, el progreso tecnológico, resultante de la utilización de nuevos productos que juegan el papel de nuevos factores de producción y/o de la puesta en marcha de nuevos procesos, se puede ilustrar mediante las variaciones que experimentan las isocuantas. Tradicionalmente el conjunto de combinaciones posibles de factores suficientes para obtener una cantidad dada de producción se representa mediante isocuantas suaves. Esto implica que existe un continuo

³ Esta idea fue introducida por Luis Brandies en 1910 cuando expuso el término “administración científica” en un informe que presentó ante la Comisión Interestatal de Comercio de los Estados Unidos. La administración científica se refiere a la “planeación, estandarización y el mejor aprovechamiento del esfuerzo humano en el nivel operativo, con el fin de maximizar la producción con el mínimo de insumos” (Kast y Rosenzweig, 1988, p. 62).

⁴ Jacques Ellul (citado en Kast y Rosenzweig, 1988, p.217).

de tecnologías de producción diferentes capaces de generar la misma cantidad de producto con diferentes combinaciones de factores. En el caso de dos factores de producción, en este caso capital (K) y trabajo (L), una isocuanta suave se vería como en la Figura 1. Como menciona Stiglitz (1987), en la realidad no existe dicho continuo de tecnologías de producción sino que hay un conjunto discreto de tecnologías. Las isocuantas entonces podrían verse como combinaciones lineales de las tecnologías existentes que generan una cantidad dada de producción, como se muestra en la Figura 2. En este contexto, la introducción de una nueva técnica de producción transformaría la forma de la isocuanta. En la Figura 3 se ilustra la introducción de una nueva tecnología de producción. En la Figura 4 se ilustra una innovación que mejora una tecnología de producción existente que reduce los costos de ambos factores y que no afecta a las demás tecnologías de producción. En la Figura 5 se ilustra una innovación que afecta a más de una tecnología de producción existente. En todas estas Figuras, el hecho de que las isocuantas tomen formas más sesgadas hacia el suroeste significa que la empresa necesita de una cantidad menor de factores para generar una cantidad dada de producción, lo cual ilustra la reducción de costos que percibe la empresa ante la innovación.

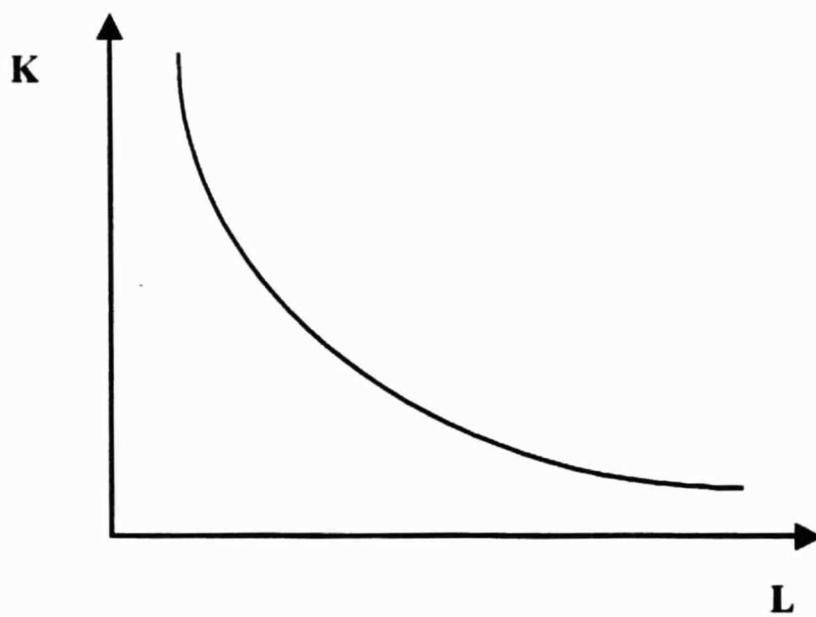


Figura 1

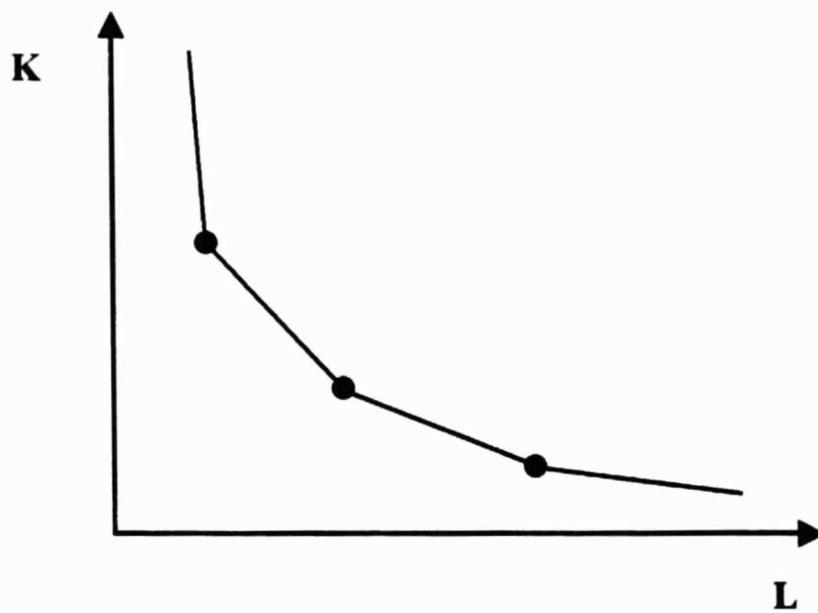


Figura 2

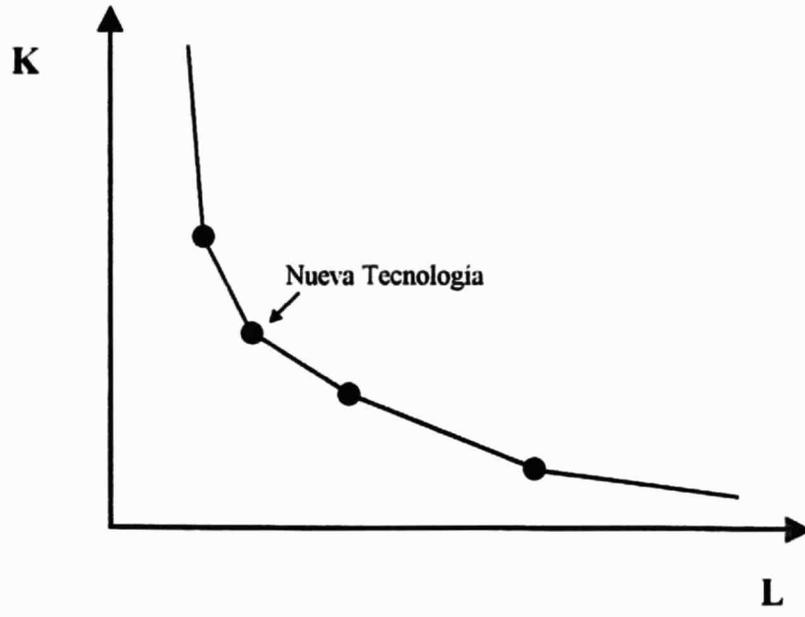


Figura 3

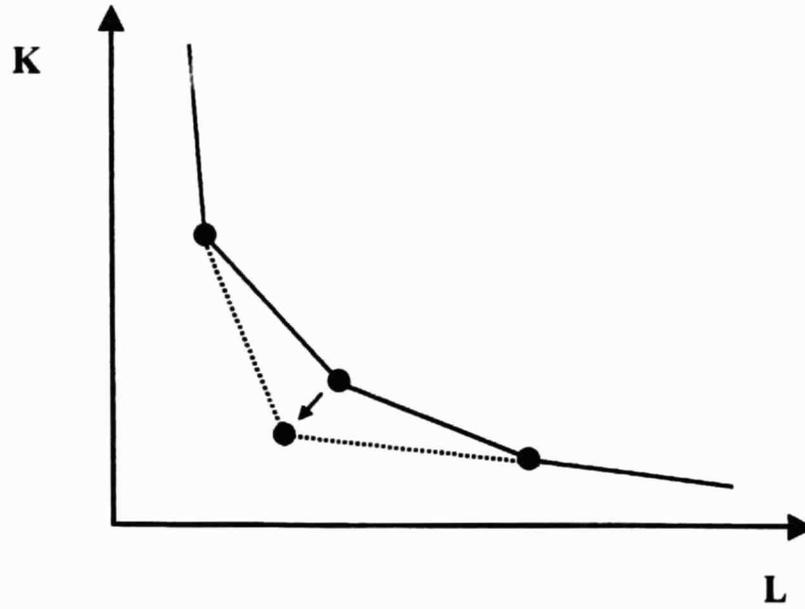


Figura 4

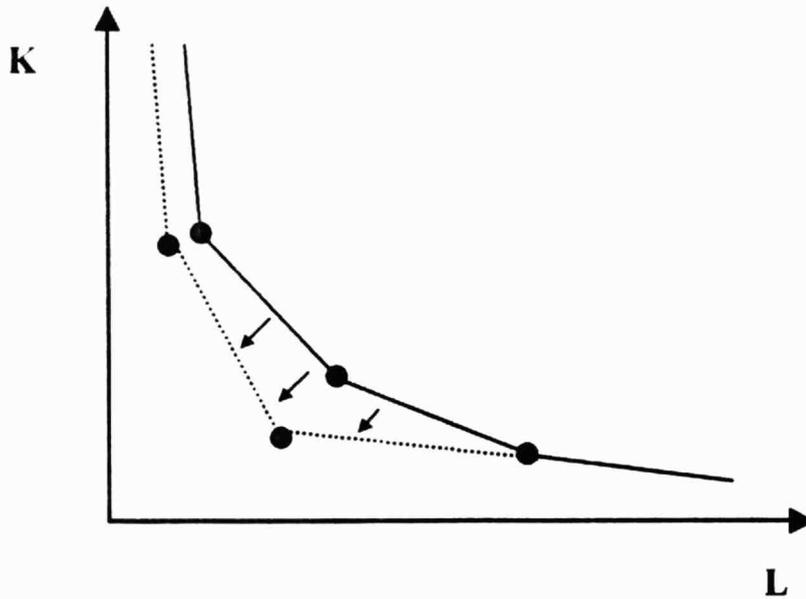


Figura 5

En resumen, dado que la tecnología es limitada y las opciones tecnológicas están acotadas, la innovación tecnológica, al ampliar el conjunto de posibilidades de producción, posibilita el uso más eficiente de recursos. Sin embargo, en algunos casos la innovación de producto, que para algunas empresas constituye nuevos factores de producción, no es suficiente para ganar en eficiencia. También se requiere de la innovación de proceso para aprovechar al máximo los nuevos factores.

II. Conocimiento e innovación

Al igual que en el proceso de producción de cualquier producto, en el proceso de producción de innovaciones intervienen factores tales como capital, recursos humanos e insumos. Sin embargo, en los procesos de producción de innovaciones, a diferencia de los procesos de producción de los productos tradicionales, la relación entre una cantidad dada de insumos y una cantidad dada de producto es incierta debido a que, en general, el azar interviene en la generación de innovaciones. Esta relación se ilustra con el hecho de que muchos de los mas grandes descubrimientos que revolucionaron la forma de vida de la humanidad fueron obra de la casualidad. Este fenómeno ha sido tan común que ha sido

bautizado como *Serendipity*⁵. Descubrimientos de este tipo fueron la penicilina, el hallazgo de la vitamina K y la electricidad animal. Podría pensarse que si las grandes innovaciones son obra de la casualidad, entonces no tiene sentido que se invierta en su producción. Sin embargo, esta afirmación no es correcta porque como declaró el físico americano Joseph Henry “Las semillas de los grandes descubrimientos flotan constantemente en torno nuestro, pero solo echan raíces en las mentes preparadas para recibirlas”⁶. Por tanto, hay dos condiciones sin las cuales las innovaciones no tienen lugar. Por un lado, se requiere del fenómeno azaroso y, por otro lado, se requiere que existan las condiciones necesarias para convertir dicho fenómeno azaroso en una innovación. Una de dichas condiciones necesarias es la presencia de mentes preparadas. Como afirma Walter Bradford Cannon “El azar produce condiciones especiales en nuestro camino, y si poseemos una visión inteligente y aguda, percibimos su importancia y aprovecharemos la oportunidad que la casualidad nos ofrece”⁷ Lo que queda entonces, es la preparación del terreno para que la semilla del azar germine y de frutos, es decir, que genere innovaciones. Uno de los terrenos ideales para la generación de innovaciones son los laboratorios de investigación y desarrollo, en donde científicos e investigadores trabajan constantemente en la búsqueda de nuevos productos y nuevos procesos. En estos laboratorios se producen buena parte de las innovaciones utilizando factores de producción tradicionales. Aunque cabe señalar que un factor esencial en la generación de innovaciones es el capital humano, es decir, el conocimiento y las habilidades incorporadas en la fuerza de trabajo.

Las inversiones en investigación y desarrollo no solo preparan el terreno para la gestación de innovaciones sino que también generan las condiciones necesarias para la absorción de las innovaciones generadas en el exterior. Por tanto, las entidades que invierten en investigación y desarrollo tienden a incorporar con mayor rapidez las nuevas tecnologías generadas por las demás entidades. Este fenómeno se explica por el carácter especial del proceso de producción de innovaciones. Como se mencionó anteriormente, además del azar, se requiere de un insumo de vital importancia para la generación de

⁵ “Cuando los diccionarios contienen la palabra, la definen como la facultad o suerte de encontrar pruebas imprevistas de las ideas propias, o el hallazgo sorpresivo de objetos o relaciones que no se buscaban” (Arias, 1977, p.93)

⁶ Op. Cit., p. 97.

⁷ Op. Cit., p. 95.

innovaciones: el capital humano. El capital humano es un insumo escaso que requiere de bastante tiempo para su formación. Aunque los procesos de producción tradicionales también requieren de capital humano, es decir, de habilidades y de conocimientos específicos, el tipo de capital humano utilizado en este tipo de actividades es menos escaso, en el sentido de que hay un número mayor de personas que pueden realizar dichas tareas. Además, es más fácil de generar, con relación a aquél que se utiliza en el proceso de producción de innovaciones en el sentido de que requiere menos tiempo y esfuerzo para su formación. El capital humano requerido en el proceso de innovación se caracteriza por poseer capacidades y habilidades intelectuales que, en general, son más difíciles de desarrollar que las capacidades y habilidades físicas o manuales.

Las capacidades y habilidades, tanto físicas como intelectuales, incorporadas en la fuerza de trabajo van aumentando conforme las personas desempeñan durante mayor tiempo su labor. Durante la segunda guerra mundial, el comandante Wright-Patterson de la fuerza aérea observó que la producción de bienes por unidad de trabajo, después de la introducción de un nuevo proceso, aumentaba con el tiempo hasta llegar a un punto máximo. Patterson denominó a este fenómeno curva de aprendizaje – o *learning-by-doing* (aprender haciendo) -. La curva de aprendizaje, explicaba como después de haber realizado la misma tarea varias veces, en los procesos de producción tayloristas, la fuerza de trabajo aumentaba sus habilidades reduciendo así los requerimientos de factor humano por unidad de producto. Aunque la presencia de este fenómeno se hizo evidente en los procesos de producción en los que se requiere esencialmente de capacidades manuales, en contraposición con las intelectuales, también puede ser aplicable a estas últimas. Como menciona Stiglitz (1987) al referirse al proceso de *learning-by-learning* (aprender aprendiendo): “asi como la experiencia en la producción aumenta la productividad propia en la producción, la experiencia en el aprendizaje puede incrementar la productividad propia en el aprendizaje. Uno aprende a aprender, al menos parcialmente en el propio proceso de aprendizaje”⁸. Entonces, a medida que una persona que se dedica a la investigación y desarrollo permanezca más tiempo en la empresa, mayores serán sus habilidades para producir innovaciones o para absorber las innovaciones relevantes para la empresa en la que labora, en otras palabras, la persona se vuelve más sensible a

⁸ Stiglitz. (1987, p. 130).

percibir fenómenos relacionados con la empresa y sus necesidades. En este sentido, no es lo mismo disponer permanentemente de un equipo de científicos que está en condiciones de absorber el conocimiento relevante para la empresa, que contratar a uno externo que, aunque esté preparado, requiera de un periodo de tiempo para conocer a la empresa y sus necesidades.

En resumen, las inversiones en investigación y desarrollo tienen efectos importantes sobre el funcionamiento de la empresa ya que, por un lado, se traducen en innovaciones que le ayudarán a producir de manera más eficiente y, por otro, hacen que la empresa sea más propensa a incorporar nuevas tecnologías generadas externamente. Por tanto, el aumento en eficiencia, que se refleja en menores costos de producción para la empresa, procedente de las inversiones en investigación y desarrollo proviene de, al menos dos vías: la innovación y la absorción⁹.

III. Importancia de la capacidad de absorción

Como se mencionó anteriormente, las inversiones en investigación y desarrollo pueden seguir dos objetivos: la generación de nuevos productos y procesos; y, la rápida adopción de nuevos productos y procesos generados externamente. Esta última es tan importante como la primera, o quizás más. En términos macroeconómicos es indudable que la absorción juega un papel preponderante. En la medida en que un nuevo producto o nuevo proceso se difunde más rápidamente, el bienestar económico general es mayor. Sin embargo, en términos microeconómicos la difusión acelerada tiene efectos sobre los incentivos a invertir en investigación y desarrollo, es decir, puede incentivar o desincentivar dichas inversiones. El hecho de que el periodo en el que las empresas pueden obtener ganancias extraordinarias generadas a partir de la innovación sea muy corto, puede significar que al final las empresas no puedan cubrir los costos de las inversiones en investigación y desarrollo y, por tanto, no tengan incentivos a realizarlas.

⁹Este doble papel de las inversiones en investigación y desarrollo fue señalado por Cohen y Levinthal (1989). Una de las conclusiones que plantean en su artículo *Innovation and Learning: The Two Faces of R&D* es que las empresas invierten en investigación y desarrollo no solo para generar nuevos productos y procesos sino que también lo hacen porque quieren desarrollar y mantener sus capacidades para asimilar y explotar la información disponible en el exterior.

El resultado final es incierto. Kamien y Schwartz (1982) señalan que la oportunidad de obtener ganancias por medio de inversiones que resulten en innovaciones depende del entorno económico. De cualquier forma, si una empresa está interesada en permanecer en el mercado mucho tiempo, tiene que innovar.

IV. Motivos para invertir en investigación y desarrollo

Los beneficios que pueden obtener los empresarios por medio de sus inversiones en investigación y desarrollo y, por tanto, sus incentivos a dedicar recursos a este tipo de actividades, dependen, entre otros factores, del azar y de la velocidad de absorción de nuevas tecnologías. Los beneficios generados a partir de inversiones en investigación y desarrollo siempre dependerán del azar porque no se sabe cuando se obtendrá una innovación. Aunque se puede calcular la probabilidad de innovar, la incertidumbre siempre estará presente. En este contexto, los incentivos a invertir en investigación y desarrollo con el objetivo de innovar dependerán de que tan propensa o aversa al riesgo sea la empresa.

Como se mencionó anteriormente las empresas no solo invierten en investigación y desarrollo con el objetivo de generar innovaciones sino que también buscan adoptar innovaciones generadas en el exterior. Por tanto, los incentivos de la empresa a invertir en investigación y desarrollo también dependerán de la rapidez con la que puedan adoptar innovaciones, es decir, de la velocidad de absorción. Sin embargo, todas las empresas pueden adoptar las tecnologías que se generan externamente. En este sentido, a la empresa no solo le importará su velocidad de absorción, también tomará en cuenta la velocidad de absorción de las demás empresas, sobretodo la de sus competidoras directas. Desde el punto de vista de una empresa en particular, el hecho de que otras empresas adopten el nuevo producto o proceso generado por ella constituye un derrame de conocimiento. Es un derrame de conocimiento porque los beneficios que la empresa puede obtener a partir de la innovación son derramados hacia otras empresas cuando, a través del conocimiento del nuevo producto o proceso, las empresas absorben la innovación. La empresa absorbe el conocimiento relativo a la manera de generar el nuevo producto o proceso. En este contexto absorber significa reproducir el nuevo producto o

proceso. Ante la presencia de derrames de conocimiento, empresas distintas a la innovadora disfrutan del nuevo producto o proceso sin haber participado en su generación.

En este contexto, las empresas invertirán en investigación y desarrollo dependiendo de su actitud frente al riesgo, de la velocidad de absorción y de la velocidad de los derrames. Las inversiones en investigación y desarrollo que lleve a cabo la empresa le ayudaran a reducir sus costos mediante dos vías, la innovación y la absorción; sin embargo, los derrames harán que los costos de las demás empresas, incluyendo a sus competidoras directas, también se reduzcan.

V. Velocidad de Absorción y velocidad de los derrames

La velocidad de absorción de nuevas tecnologías depende de factores tanto internos como externos a la empresa. Análogamente, la velocidad de los derrames depende de los factores internos de las demás empresas y de sus factores externos. Entre los factores internos se encuentran las características de la empresa tales como su tamaño y su sistema de organización, mientras que entre los externos están el tipo de conocimiento que se quiere absorber, la estructura de mercado y el marco institucional.

En primer lugar, el tamaño de la empresa juega un papel preponderante en la velocidad de absorción. Una empresa grande, que dispone de mayores recursos, muy probablemente podrá realizar mayores inversiones en investigación y desarrollo y, por tanto, será capaz de absorber más rápidamente las nuevas tecnologías. Desde que se empezó a estudiar sistemáticamente el efecto del cambio tecnológico en el desempeño económico se ha enfatizado el papel que juega el tamaño de la empresa en el proceso de innovación. Diversos estudios han subrayado las ventajas de las empresas grandes¹⁰, por un lado, y de las empresas chicas¹¹, por otro. Primero, se ha encontrado que las empresas mayor tamaño tienen ventajas en el sentido que son capaces de cubrir costos fijos altos, pueden disfrutar de un poder de mercado durante más tiempo, pueden llevar a cabo proyectos de inversión más riesgosos, pueden conseguir recursos financieros más

¹⁰ Ver Cohen (1994)

¹¹ Ver Acs y Audretsch (1990)

fácilmente y pueden aprovechar mejor la reducción de costos por su mayor volumen de ventas. Todas estas ventajas incentivan un mayor gasto en investigación y desarrollo, lo que provoca que un mayor tamaño tenga efectos positivos sobre la capacidad de absorción. Sin embargo, el que una empresa sea muy grande también puede reducir dicha capacidad debido a que mientras más grande sea una empresa mayor será su burocratización. El hecho de que la toma de decisiones tenga que pasar muchos filtros puede tener efectos negativos sobre el grado de maniobrabilidad de la gente que está inmersa en el proceso de innovación, y por tanto, en sus resultados. Segundo, aunque la empresa chica no puede dedicar una gran cantidad de recursos a la investigación y desarrollo, se ha sugerido que su ventaja en lo que se refiere a la flexibilidad de la empresa resultante de una menor burocratización, tiene efectos positivos sobre su capacidad de innovar. El que exista un ambiente menos burocratizado favorece el llevar a cabo proyectos de investigación y desarrollo relativamente riesgosos, además algunas actividades innovadoras pueden desarrollarse mejor en ambientes sin burocracia. Otra ventaja de la empresa chica es que, mientras que las empresas grandes muy probablemente promueven a sus mejores investigadores ofreciéndoles algún cargo administrativo, las empresas chicas ponen a la actividad innovadora como el centro de su estrategia competitiva¹². De hecho estudios empíricos¹³ muestran que una gran parte de innovaciones son patentadas por empresas chicas. Aunque, como acertadamente afirmó Griliches¹⁴, en los estudios de las empresas pequeñas solo se toma en cuenta aquellas que han sobrevivido, es decir, que en la muestra no se toman en cuenta a aquellas empresas pequeñas que pudieron haber dedicado recursos a la innovación o que pudieron haber innovado y que no sobrevivieron. Por tanto, el éxito de las empresas pequeñas en lo que se refiere a la innovación puede estar sobreestimado.

Después de haber revisado varios estudios, Cohen (1994) señala que el resultado robusto del patrón que relaciona a la investigación y desarrollo con el tamaño de la empresa es que la investigación y desarrollo aumenta de manera monótonica – y típicamente de manera proporcional – con el tamaño de la empresa entre las empresas que llevan a cabo actividades de investigación y desarrollo dentro de la industria, el

¹² Op. Cit.

¹³ Op. Cit.

¹⁴ Citado en Acs y Audretsch (1990).

número de innovaciones tiende a incrementarse menos que proporcionalmente con el tamaño de la empresa, y la productividad de la investigación y desarrollo tiende a disminuir con el tamaño de la empresa. Este resultado podría sugerir que la capacidad de absorción aumenta con el tamaño de la empresa. Sin embargo, el hecho de que una empresa sea capaz de absorber más rápidamente nuevas tecnologías no significa que lo haga. La decisión de adoptar nuevas tecnologías también depende de otros factores tales como el tipo de tecnología que la empresa esté utilizando actualmente y de la vida útil del capital con el que cuenta, entre otros. El hecho de que para la empresa sea muy costoso cambiar la tecnología que está usando actualmente por una nueva, puede hacer que la velocidad de adopción se reduzca. En cambio, si la innovación representa una mejora tecnológica que puede adaptarse a la existente a un costo relativamente bajo, entonces la velocidad de adopción puede aumentar¹⁵. El costo de cambiar una tecnología vieja por una nueva puede ser considerable. Entre estos costos se cuentan los gastos de desinstalación del equipo técnico, el costo de generar nuevas habilidades en los trabajadores existentes, el costo de despedir a los trabajadores que no cubran el nuevo perfil, el costo de contratar nuevos trabajadores y el costo del cambio organizacional. Además, en el caso de que no exista un mercado de capital de segunda mano, el costo del capital no utilizado. En resumen, las empresas grandes pueden dedicar mayores recursos a invertir en investigación y desarrollo, por tanto, su capacidad de absorción tiende a ser mayor. Sin embargo, esto podría o no traducirse en una mayor velocidad de absorción ya que otro tipo de factores como, por ejemplo, el costo de desinstalación de las tecnologías en uso, puede frenar dicha velocidad.

En segundo lugar, la velocidad de absorción depende en gran medida del tipo de conocimiento a absorber. En una clasificación básica, el conocimiento puede dividirse entre aquél que no necesita de capital humano especializado para ser absorbido y el que si lo necesita. En este contexto, se espera que la absorción del primero sea más acelerada que la del segundo. Desde el punto de vista de los derrames del conocimiento, cuando no se requiere de capital humano especializado para absorber el nuevo conocimiento se dice que los derrames de conocimiento son sustitutos, en tanto que, cuando si se requiere, se dice que los derrames de conocimiento son complementarios. Debido a que todo el

¹⁵ Ver Metcalfe (1990).

conocimiento tiene la característica de ser no rival y no excluyente, una vez generado, cualquiera puede utilizarlo. Sin embargo, como afirmó David Romer, economista de la Universidad de Berkeley, “puede que el conocimiento tenga la característica de ser no rival y no excluyente, pero el capital humano sí lo es”¹⁶. En este sentido, por un lado, se dice que los derrames de conocimiento son sustitutos porque dado que no se requieren de grandes inversiones en investigación y desarrollo, incluyendo el capital humano, para adoptar las nuevas tecnologías, las empresas sustituyen sus propias inversiones en investigación y desarrollo con las de los demás. Por otro lado, se dice que los derrames de conocimiento son complementarios porque para aprovechar las tecnologías y el conocimiento externo la empresa tiene que invertir en investigación y desarrollo. En este contexto, se sugiere que la velocidad de los derrames de conocimiento sustitutos es más acelerada que la de los complementarios. Aunque la empresa que absorbe el nuevo conocimiento realice gastos en investigación y desarrollo y mejore su capacidad de absorción, haciendo que sea susceptible de absorber el tipo de conocimiento incorporado en los derrames complementarios, siempre será más fácil absorber el tipo de conocimiento incorporado en los derrames sustitutos.

En tercer lugar, la estructura de mercado juega un papel preponderante en el esquema de competencia de las empresas y, por tanto, en la velocidad de absorción. En la práctica, sin embargo, como demuestran algunos estudios empíricos¹⁷, se ha encontrado que el efecto de la estructura de mercado sobre la innovación es ambiguo y que quizás dependa de otras variables relacionadas con el tipo de industria en el que se encuentre inmersa la empresa¹⁸. En principio, el efecto de la estructura de mercado sobre los incentivos a invertir en investigación y desarrollo se puede analizar desde una perspectiva ex – ante o desde una perspectiva ex – post. Por un lado, una perspectiva ex – ante analiza el efecto que la estructura de mercado actual tiene sobre los incentivos a invertir en investigación y desarrollo. Por otro lado, una perspectiva ex – post estudia las repercusiones de las expectativas de las empresas de lo que será la estructura de mercado en caso de que ellas innoven sobre los incentivos a invertir en investigación y desarrollo. La visión shumpeteriana reconoce ambas perspectivas al señalar que una estructura

¹⁶ Romer (1996, p. 126).

¹⁷ Cohen (1994, p. 192).

¹⁸ Op. cit., p. 194.

oligopólica ex – ante y un poder de mercado ex – post favorece la innovación. Además de que los incentivos de las empresas que dependen de la estructura de mercado proceden de incentivos generados tanto por su estructura ex – ante como lo que se espera que sea su estructura ex – post, dichos incentivos dependen también de su estructura real. En la práctica dos estructuras diferentes podrían percibirse como similares. Se toma, por ejemplo, el caso de dos estructuras de mercado aparentemente similares dadas por un esquema en el que existen dos empresas grandes y muchas chicas. Si las empresas grandes no se coluden, es decir, no se ponen de acuerdo para beneficiarse mutuamente mediante la minimización de la competencia, es probable que inviertan más en investigación y desarrollo para evitar que la otra empresa gane o que la saque del mercado, lo cual provocaría una absorción acelerada. En cambio, si las empresas grandes se coluden, podrían tener menos incentivos a invertir en investigación y desarrollo. La estructura real tenderá a ser monopólica y la capacidad de absorción se reduciría. Por tanto, dependiendo de que exista o no colusión entre las empresas, los incentivos a invertir en investigación y desarrollo serán menores o mayores, lo cual se reflejará en una menor o mayor capacidad de absorción y, en última instancia, en una menor o mayor velocidad de absorción.

En cuarto lugar, el marco institucional¹⁹ es otro de los elementos clave que determinan la velocidad de absorción de nuevas tecnologías. Dentro del marco institucional se consideran los sistemas de protección a la propiedad intelectual y los sistemas financieros. Una empresa puede contar con las condiciones necesarias para la adopción de nuevas tecnologías de manera acelerada; sin embargo, un sistema de propiedad intelectual puede regular la velocidad de adopción de una innovación. Por ejemplo, un sistema de patentes que prohíba la generación de un producto nuevo por un periodo de 10 años a las empresas que no tengan derechos sobre la patente, puede retrasar considerablemente la absorción. En el caso de los sistemas financieros, puede que la disposición de recursos financieros externos por parte de las empresas con mayores recursos sea mayor, es decir, que la empresa grande no disponga solamente de mayores

¹⁹ El concepto de marco institucional se refiere a la “naturaleza general de las opciones que tiene un individuo y las opciones disponibles y los resultados que se desprenden para cada individuo, en función de las acciones de otros individuos”. Kreps (1995, p. 3).

“Las instituciones son las reglas del juego en una sociedad o, más formalmente, son las limitaciones ideadas por el hombre que dan forma a la interacción humana”. North, D. (1995)

recursos propios sino que además también pueda pedir una cantidad de créditos mayor que una empresa de menor tamaño. Entonces si una empresa relativamente pequeña requiriera de mayores recursos, muy probablemente estaría en posición de recibir menos créditos que una grande. En este contexto, el sistema financiero también tiene efectos sobre la capacidad de absorción en el sentido que si una empresa relativamente pequeña requiriera hacer una inversión que no pudiera ser solventada con recursos propios y tuviera que recurrir a sus líneas de crédito, el que la inversión se lleve o no a cabo depende del monto del crédito. En caso de que el sistema no se lo permitiera, la empresa tardaría más en adoptar la nueva tecnología.

VI. Inversión en investigación y desarrollo y reducción de costos

Las empresas gastarán en investigación y desarrollo cuando los rendimientos esperados de dichas inversiones sean mayores o iguales a los rendimientos que pudieran obtener en otro tipo de inversiones²⁰. Los retornos privados de las inversiones en investigación y desarrollo dependen del grado de exclusividad del nuevo conocimiento que permite a las empresas reducir sus costos de producción. A su vez, el grado de exclusividad del nuevo conocimiento esta en función de factores legales y “naturales”. Los factores legales son aquellos asociados a las reglas que imponen las instituciones para proteger los derechos de propiedad intelectual. Por otro lado, dentro de factores “naturales” se encuentran las barreras que se presentan sin la necesidad de regulación tal como el monto mínimo de inversión en capital físico y en capital humano que se requiere para poder absorber el nuevo conocimiento.

A continuación se presenta una estimación del efecto de los derrames de conocimiento intrasectoriales²¹ resultantes de los gastos en investigación y desarrollo tecnológico en el proceso productivo (GIDT) sobre los costos unitarios de producción y la demanda de factores. Se utiliza como herramienta una función de costos translogarítmica (que es una aproximación de segundo orden de cualquier función de

²⁰ Se supone que los empresarios toman en cuenta la incertidumbre sobre los costos y los beneficios de las inversiones en investigación y desarrollo cuando estiman sus rendimientos esperados.

²¹ Se toman en cuenta solo los derrames de conocimiento que se generan dentro de los sectores económicos, no entre sectores.

costos) que tiene como determinantes los precios de los factores, el nivel de producción y los derrames de conocimiento intrasectoriales resultantes de los GIDT. Inicialmente, se presenta el modelo con el que se estimó el efecto de los derrames de conocimiento resultantes de las inversiones en investigación y desarrollo sobre los costos unitarios. A continuación se presenta la información relativa a los datos utilizados en la estimación. Más adelante se presentan los resultados y por último se presentan las conclusiones.

VII. Metodología

Las inversiones en investigación y desarrollo en el proceso productivo están incentivadas por diversas razones como los son: generar nuevos productos, mejorar los productos ya existentes y utilizar de manera más eficiente sus factores de producción, entre otras. De hecho, todos los esfuerzos de la investigación y desarrollo se enfocan básicamente en el aumento de las ganancias, o dicho de otro modo, en la reducción de costos. Sin embargo, los beneficios de la investigación y desarrollo, debido al carácter intangible del conocimiento, no pueden ser apropiados en su totalidad por los inversionistas. Parte de dichos beneficios son apropiados, mediante la absorción del conocimiento, por los competidores.

Tanto en el caso de derrames sustitutos como en el de los complementarios se presenta este fenómeno. En presencia de derrames sustitutos cuando una empresa genera un nuevo producto, como resultado de sus inversiones en investigación y desarrollo, las empresas competidoras pueden generar productos que se acerquen mucho al aquel generado por la empresa innovadora sin tener que gastar a su vez en investigación y desarrollo. En este caso para una empresa es lo mismo generar nuevo conocimiento ella misma que utilizar el conocimiento generado por las otras empresas. En el caso de los derrames complementarios una empresa genera un nuevo producto y sus competidoras no pueden generar productos parecidos al elaborado por la empresa innovadora a menos que también inviertan en investigación y desarrollo. En ambos casos, los conocimientos generados por una empresa son absorbidos por las otras, la única diferencia estriba en que el primer tipo inhibe los incentivos a invertir en investigación y desarrollo y el segundo los refuerza.

Cuando hay derrames complementarios los motivos para invertir en investigación y desarrollo se duplican: el primer motivo es la reducción de costos que resulta de las innovaciones generadas a partir de la inversión propia en investigación y desarrollo, y el segundo motivo aparece cuando las empresas pueden reducir sus costos mediante la adopción del nuevo conocimiento resultante del gasto en investigación y desarrollo de las demás empresas. Otro panorama se vislumbra ante la presencia de derrames sustitutos en donde los motivos para invertir en investigación y desarrollo reducen su escala. En este caso el único motivo para invertir en investigación y desarrollo es la reducción de costos resultante de las innovaciones provenientes del gasto propio en investigación y desarrollo. La reducción del motivo aparece cuando las demás empresas adoptan libremente el nuevo conocimiento generado y reducen sus costos en una magnitud similar a la de la empresa inversionista. Los derrames sustitutos se presentan generalmente en los casos en los que las nuevas tecnologías no requieran de grandes inversiones, es decir, que la reproducción de las tecnologías no sea muy cara, mientras que los derrames complementarios aparecen en los casos en los que para adoptar las nuevas tecnologías se requiere de fuertes inversiones tanto en capital físico como humano.

En resumen, las inversiones en investigación y desarrollo de las empresas disminuyen sus costos de producción; pero, a través de los derrames de conocimiento, disminuyen los costos de producción de las empresas competidoras. Por ende, los incentivos que tiene una empresa para invertir en investigación y desarrollo con el fin de disminuir sus costos pueden ser reforzados cuando existen derrames complementarios o reducidos cuando hay derrames sustitutos.

Una forma de conocer el carácter de los derrames es a través del análisis del comportamiento de una función de costos que incluya como variable independiente a los derrames de conocimiento. La función de costos de las empresas se puede representar como:

$$c = C(q, p, s) \quad (1)$$

donde c es el costo de producción, q un vector de dimensión m que representa las cantidades producidas, p un vector de dimensión n que representa los precios de los

factores y s un vector de dimension k que representa los derrames de conocimiento resultantes de los GIDT.

Se supone que la función de costos es translogaritmica. Las funciones translogaritmicas²² permiten que la elasticidad de sustitución de los factores sea diferente a la unidad y que varíe con el nivel de producto o con las variaciones de las proporciones de los factores utilizados. A diferencia de las funciones del tipo Cobb-Douglas o del más general CES (*Constant Elasticity of Substitution*) en las que la escala de la producción es fija, en este tipo de funciones se permite que la escala varíe²³.

Como lo plantea Heatfield (1987), una función translogaritmica puede ser considerada como una función en si o como una expansión de Taylor de segundo orden de cualquier función. Por ejemplo, si se tiene una función

$$y = f(z_1, z_2, \dots, z_n) \quad (2)$$

cuyas primera y segunda derivadas en el punto $z_1 = a_1, z_2 = a_2, \dots, z_n = a_n$ son f_i y f_{ij} , entonces la función $f(z)$ puede ser aproximada en la vecindad (x_i) de (a_1, a_2, \dots, a_n) por la expresión

$$\begin{aligned} f(a_1 + x_1, a_2 + x_2, \dots, a_n + x_n) = & f(a_1, a_2, \dots, a_n) + x_1 f_1 + x_2 f_2 + \dots + x_n f_n + \\ & 1/2 [x_1^2 f_{11} + \dots + x_n^2 f_{nn} + 2x_1 x_2 f_{12} + \\ & 2x_1 x_3 f_{13} + \dots + 2x_{n-1} x_n f_{n,n-1}] + R_n \end{aligned} \quad (3)$$

donde R_n es el residuo y las derivadas f_i y f_{ij} son evaluadas en el punto $z_1 = a_1, z_2 = a_2, \dots, z_n = a_n$. Esta expresión es la llamada expansión de Taylor de segundo orden

²² El término translogaritmico es la contracción de logaritmico trascendental. Por trascendental se entiende que es no algebraico. Las funciones logaritmicas son una forma de funciones trascendentales. Una función logaritmica puede derivarse de cualquier función de costos debido a que cualquier punto en el espacio (x,y) , a excepción del $(0,0)$, puede ser representado por un solo punto en el espacio $(\ln x, \ln y)$. Por tanto, para cualquier función algebraica puede existir una versión logaritmica. Hay que notar que en el espacio (x,y) el punto $(0,0)$ no puede representarse por un punto en el espacio $(\ln x, \ln y)$ debido a que en este punto el logaritmo no esta determinado. Por tanto, en el caso de las funciones logaritmicas no existen soluciones de esquina. Véase Heatfield (1987).

²³ Op cit.

de $f(z)$ alrededor del punto $z_1 = a_1, z_2 = a_2, \dots, z_n = a_n$. Si se sabe que el término de residuo es “pequeño”, que es lo normal si una función es bien comportada y los valores de (x_1, x_2, \dots, x_n) son pequeños, entonces se puede eliminar dicho término.

A partir de la expansión de Taylor se tiene que una función de costos translogaritmica recoge los efectos de primer y segundo orden de las variables independientes sobre la dependiente. Para ver los efectos de los derrames de conocimiento intrasectoriales resultantes de los GIDT sobre los costos unitarios se utilizó una función de costos parecida a la utilizada por Bernstein (1988)²⁴, la cual es una función de costos translogaritmica tradicional a la que se le incluyó un nuevo término: el de los derrames intrasectoriales. La función de costos está dada entonces por:

$$\begin{aligned} \log c = & \log \alpha_0 + \beta_1 \log q + \sum_j \gamma_j \log p_j + \varphi_1 \log s + \\ & 0.5 \beta_{11} \log q \log q + 0.5 \sum_j \sum_h \gamma_{jh} \log p_j \log p_h + \\ & 0.5 \varphi_{11} \log s \log s + \sum_j \eta_{j1} \log p_j \log q + \\ & \sum_j \mu_{j1} \log p_j \log s + \delta_{11} \log q \log s \end{aligned} \quad (4)$$

Se supone que la función de costos es homogénea de grado uno en los precios dado que un incremento en la misma proporción en todos los precios no debe tener un efecto sobre la producción ni sobre la demanda de factores, pero debe de aumentar los costos en la misma proporción. Las condiciones de homogeneidad de grado uno en los precios están dadas por:

$$\sum_j \gamma_j = 1 \quad \sum_j \gamma_{jh} = \sum_h \gamma_{jh} = \sum_j \sum_h \gamma_{jh} = 0 \quad \sum_j \eta_{j1} = 0$$

y

$$\sum_j \mu_{j1} = 0 \quad (5)$$

²⁴ La metodología utilizada en el presente análisis se basa en la propuesta en el estudio realizado por Jeffrey Bernstein para el caso de Canadá. Ver Bernstein (1988).

Una característica de la función de costos es que las demandas de factores pueden ser calculadas al obtener las derivadas parciales de los costos con respecto a los precios de los factores²⁵, esto es:

$$\frac{\partial C}{\partial P_i} = X_i \quad (6)$$

al expresar este resultado en términos logarítmicos se tiene

$$\frac{\partial \log c}{\partial \log p_i} = \frac{p_i d_i}{c} = x_i \quad (7)$$

donde d_j es la demanda del factor j y x_j es la participación en los costos de los factores. Los derrames interactúan con los precios. Por ende, tienen efectos sobre la demanda de factores de producción. La participación en los costos de cada factor de producción (trabajo, insumos intermedios, capital físico y capital de IDT) estaría dada por:

$$x_j = \gamma_j + \sum_h \gamma_{jh} \log p_h + \eta_{j1} \log q + \mu_{j1} \log s \quad (8)$$

Esta forma funcional de la participación en los costos de los factores se obtiene al derivar la ecuación (4) con respecto al logaritmo de los precios.

VIII. Estimación de los derrames de conocimiento

La medición de los derrames de conocimiento es una tarea muy difícil²⁶; sin embargo, distintos autores han tratado de estimar la magnitud de los derrames de conocimiento derivados de la investigación y desarrollo mediante dos enfoques diferentes: el del

²⁵ Ver Shepard (1953).

²⁶ "Los flujos de conocimiento son invisibles. no existe un sendero a través del cual puedan ser medidos y rastreados". Krugman (1991, p.53)

análisis de patentes (como el de las matrices de flujo de tecnología), y el que se basa en los acervos o en las inversiones de capital de Investigación y Desarrollo Tecnológico (IDT). En el presente análisis se utiliza el segundo enfoque²⁷.

Se supone que los derrames intrasectoriales de los gastos en IDT en el proceso productivo están relacionados con los acervos de IDT con los que cuentan las empresas y se definen como la suma de los acervos de capital de IDT de todas las empresas del sector a excepción de la empresa en cuestión, como se muestra en la ecuación (9):

$$s = \sum_i k_{idt}^i \quad (9)$$

El capital de IDT en el proceso productivo se define como el capital físico y humano, así como los insumos intermedios y trabajo que se dedican a la IDT. Generalmente es costoso generar un acervo de capital de IDT y, al igual que el capital físico, no puede modificarse de manera instantánea. Es por esta razón que la especificación del modelo arriba presentado tiene que verse como una configuración de equilibrio de largo plazo en el que todos los factores son variables.

IX. Datos

La información utilizada para realizar el análisis proviene de la Encuesta Industrial Anual (EIA) publicada por el INEGI para los años comprendidos entre 1994 y 1997, de los Índices de Precios publicados por el Banco de México para esos mismos años, y de la Encuesta de Acervos y Formación de Capital 1960-1994 (EAYFC) publicada también por el Banco de México.

Se utilizó información tanto de la producción de las empresas como de los cuatro factores de producción: trabajo, insumos intermedios, capital físico y capital de IDT. Para medir la producción se utilizó la variable de Valor de los Productos Elaborados a su Precio Promedio de Venta de Fábrica de la EIA deflactada con el Índice de Precios al Productor del Banco de México. Los precios del trabajo se obtuvieron mediante la razón entre la variable Total de Remuneraciones y la del Personal Ocupado total incluidas en la

²⁷ Ver Nadiri (1993).

EIA. Se utilizaron los índices de precios de las materias primas publicados por el Banco de México como los precios de los insumos intermedios. Los precios del capital se generaron mediante la extrapolación desde 1994 hasta 1997 del deflactor del capital obtenido de la EAYFC. Los precios del capital en IDT se generaron mediante un índice ponderado de los precios del trabajo, del capital físico y de los insumos intermedios. La ponderación de cada factor corresponde a su participación en la producción.

En lo que se refiere a la cantidad de factores utilizados, el trabajo, el capital físico y los insumos intermedios se obtuvieron de la EIA. Desafortunadamente no se cuenta con información sobre acervos de IDT por clase para México por lo que se tuvo que calcular con base en la variable de Gastos de Investigación y Desarrollo en el Proceso Productivo incluida en la EIA. El acervo de IDT inicial se calculó, siguiendo la metodología utilizada por Nadiri y Proucha (1996), dividiendo los gastos en IDT en términos reales entre la suma de la tasa de crecimiento promedio anual de los acervos de capital y la depreciación. Las tasas de crecimiento y de depreciación de los acervos de capital se estimaron con información de la EAYFC. Los acervos de IDT de los años siguientes se estimaron sumando los gastos en IDT netos de depreciación a los acervos del año anterior.

Los derrames intrasectoriales, como se mencionó anteriormente, se definen como la suma de los acervos de capital en investigación y desarrollo tecnológico en el proceso productivo de todas las clases que están al interior del sector menos el acervo de la clase en cuestión, rezagada en un periodo. Se decidió tomar a la variable rezagada porque se considera que la inversión en IDT contemporánea no forma parte de los derrames contemporáneos. Las empresas difícilmente pueden absorber de manera instantánea el nuevo conocimiento.

X. Estimación del modelo

Se estimó el sistema de ecuaciones definido por (4) y (8). La ecuación (4) es la función de costos y las cuatro ecuaciones representadas en (8) son las funciones de participación de los costos de los factores (trabajo, insumos intermedios, capital físico y capital de IDT) en los costos totales de producción. Las variables dependientes son el costo y las

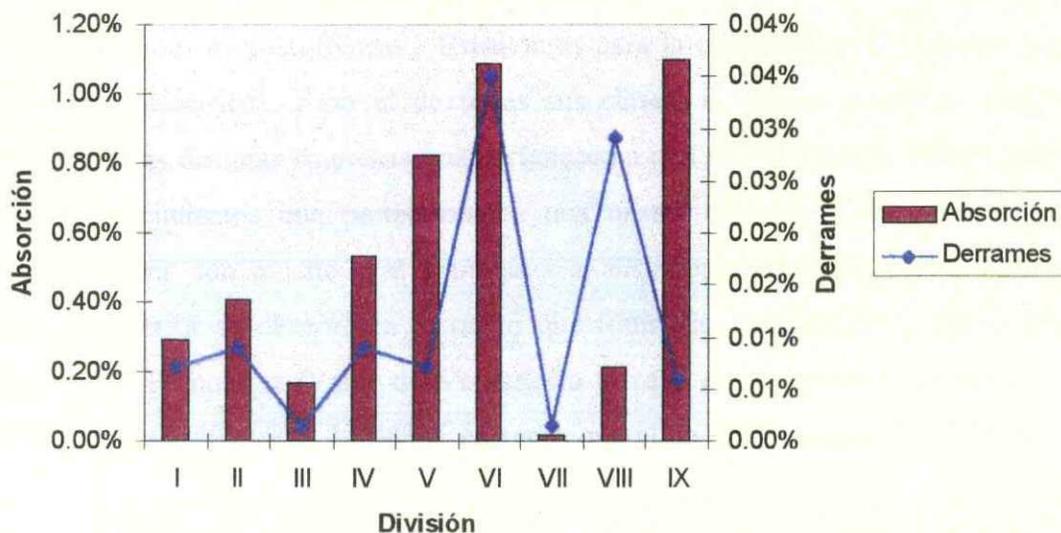
participaciones de costos de los factores, en tanto que las variables independientes son el nivel de producción, los precios y los derrames de IDT.

Para que el sistema pudiera calcularse manteniendo la condición de homogeneidad de grado uno en los precios de producción se eliminó una de las ecuaciones de participación en los costos de los factores, la de insumos intermedios. El sistema de cuatro ecuaciones se estimó mediante el método *Full information maximum likelihood*. Barten (1969) demostró que los parámetros estimados mediante dicho método son independientes de la ecuación que se omite. Se supuso que los errores se distribuyen normalmente, que su valor esperado es cero y que su matriz de varianza-covarianza es simétrica y positiva definida

XI. Limitaciones

La función de costos se estimó con información a nivel de clase de actividad. Los resultados de la estimación se referirán al agregado del sector manufacturero, lo cual puede constituir una gran limitación debido a que no solo las empresas de distintas divisiones se comportan de manera diferente sino que al interior de una división las empresas actúan de diferentes formas dependiendo de factores tales como el tamaño de la empresa y la estructura de mercado. Como puede observarse en la Gráfica 1, la transferencia de tecnología, ya sea hacia adentro (absorción) o hacia fuera (derrames), se comporta de manera diferente en cada una de las divisiones económicas.

GRÁFICA 1
Transferencia de Tecnología / Valor de Ventas
(Promedio 1994-1997)



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, *Encuesta Industrial Anual*, varios años.

Por ejemplo, en los casos extremos se pueden observar considerables variaciones en la proporción Transferencia de Tecnologías/Valor de Ventas²⁸. Mientras que la división VII (Industrias Metálicas Básicas), en donde se observa la proporción Transferencia de Tecnologías/Valor de Ventas más baja de todas las divisiones tanto en lo que se refiere a la absorción como a los derrames, dicha proporción es de 0.02% para la absorción y 0.002% para los derrames; en la división VI (Productos de Minerales no Metálicos, Exceptuando Derivados del Petróleo y Carbón), en la que la proporción Transferencia de Tecnologías/Valor de Ventas alcanza los mayores niveles dentro de la economía nacional, dicha proporción alcanza 1.09% para la absorción y 0.04% para los derrames. Ante este panorama se puede decir que el comportamiento de las empresas en la economía mexicana es muy heterogéneo. Varía mucho de una división a otra. Pero, no solamente las empresas de distintas divisiones se comportan de forma diferente, sino que

²⁸ La proporción Transferencia de Tecnología/Valor de Ventas en el caso de la absorción mide el gasto que la empresa realiza en la adquisición de tecnologías con relación a las ventas totales, mientras que en el caso los derrames mide el ingreso de la empresa por concepto de venta de tecnologías con relación a las ventas totales. Se decidió normalizar el gasto de acuerdo al tamaño de la empresa aproximado con el valor de las ventas con el objetivo de simplificar la comparación.

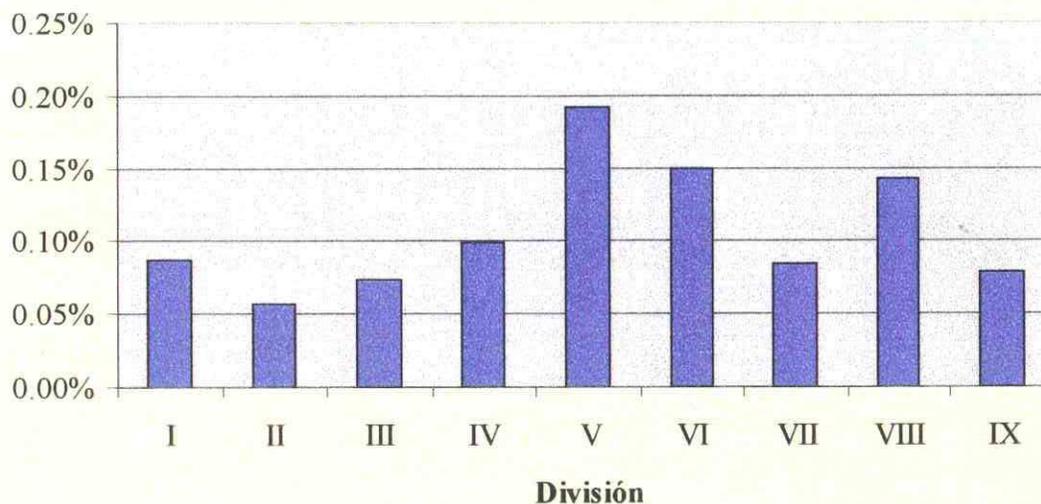
las empresas que pertenecen a distintas clases, dentro de una misma división se comportan de manera diferente. Por ejemplo, el comportamiento de la división VIII, que como se puede observar en la Gráfica 1, es una de las que derraman más tecnología, refleja el comportamiento de básicamente tres de sus clases componentes: 5411, 4911 y 5201 (Discos y cintas magnetofónicas, Estructuras para la construcción y Maquinaria y equipo industrial eléctrico), y no el de todas sus clases. El mismo fenómeno podría observarse entre las distintas empresas que pertenecen a una misma clase, e incluso entre diferentes establecimientos que pertenezcan a una misma empresa. Cabe señalar que todas las divisiones son mucho más propensas a absorber tecnología que a generar derrames. Lo anterior se observa en el rango que toman los valores de la proporción Transferencia de Tecnologías/Valor de Ventas. En el caso de la absorción el rango de dicha proporción es [0.019% - 1.098%], en tanto que el de los derrames es [0.001% - 0.035%].

Además de que el comportamiento de las empresas mexicanas en lo que se refiere a la tecnología es muy heterogéneo, se observa que las empresas mexicanas, en general, invierten poco en investigación y desarrollo. Primero, como se muestra en la Gráfica 2, las divisiones que muestran las mayores proporciones GIDT/Ventas: V (Sustancias Químicas, Derivados del Petróleo, Productos de Caucho y Plástico), VI (Productos de Minerales no Metálicos, exceptuando Derivados del Petróleo y Carbón) y VIII (Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo), muestran que dicha proporción es inferior al 0.2%. En el resto de las divisiones la proporción GIDT/Ventas es inferior al 0.1%. Segundo, como proporción del PIB, el Gasto en Investigación y Desarrollo Experimental (GIDE) de México es muy bajo en comparación con el de otros países. En 1997, según datos publicados por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), la proporción GIDE/PIB del sector productivo mexicano alcanzó apenas el 0.06%, mientras que en Japón fue de 2.35%, en Alemania de 1.97% y en Estados Unidos de 2.24%. En España y en Italia la proporción GIDE del sector productivo/PIB también fue relativamente bajo, 0.53% y 0.72% respectivamente, pero no tanto como en México. Tercero, en ese mismo año, la proporción GIDE del sector productivo/GIDE total²⁹ en Japón, Alemania y

²⁹ Según la definición utilizada por el CONACYT en la clasificación de esta información “[e]l sector productivo comprende todas las compañías, organizaciones e instituciones cuya actividad primaria es la

Estados Unidos superó el 60%, mientras que en México apenas alcanzó el 16.9%³⁰. En tanto que, en otros países como España e Italia, que podrían acercarse más a las condiciones imperantes en México, el GIDE del sector productivo fue mayor al 40%. Teniendo en mente estas cifras se puede decir que, en general, las empresas del sector productivo mexicano invierten muy poco en investigación y desarrollo.

GRÁFICA 2
GIDT/Valor de Ventas
(1997)



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI, *Encuesta Industrial Anual*, varios años.

producción de bienes y servicios (excluyendo las de educación superior) destinados a la venta al público en general a un precio de mercado, se incluyen aquí las empresas paraestatales. En este sector se incluyen los institutos privados no lucrativos cuyo objetivo principal es prestar servicios a las empresas privadas". CONACYT (2000)

³⁰ En México la mayor parte del GIDE lo realiza el Gobierno (71.1% en 1997), el resto proviene de las Instituciones de Educación Superior, Instituciones Privadas no Lucrativa y del Exterior. Ibid.

XII. Resultados

En el Cuadro 1, en donde se muestran los resultados de las estimaciones, se puede observar que el modelo estimado puede explicar el comportamiento de las empresas puesto que el ajuste del sistema, medido por el coeficiente de la R^2 , fue relativamente alto: 0.73; además de que la mayor parte de los parámetros estimados son significativos estadísticamente. Esta función de costos es monótonicamente creciente con respecto a todos los precios de los factores. Además, las elasticidades precio de la demanda con respecto al propio precio son negativas, es decir, que ante un aumento en el precio de un factor, su demanda se reduce. Dichas elasticidades se calcularon utilizando la ecuación (10) y se muestran en el Cuadro 2³¹

$$\hat{c} \ln(d_j) / \hat{c} \log p_j = (\gamma_j + x_j(x_j - 1)) / x_j \quad (10)$$

³¹ Ver Berndt y Wood (1975).

Cuadro 1
Resultados de la estimación

Parámetros	Estimador	Desviación Estándar	Estadístico t
α_0	14.298	2.374	6.022
β_1	0.509	0.217	2.347
γ_i	0.898	0.016	55.671
γ_k	0.105	0.022	4.693
γ_{ii}	-0.004	0.030	-0.121
γ_r	0.000	0.012	0.039
φ_1	-1.766	0.149	-11.872
β_{11}	-0.069	0.007	-9.992
γ_{ii}	-0.133	0.046	-2.864
γ_{ik}	0.125	0.043	2.890
γ_{im}	-0.012	0.064	-0.181
γ_{ir}	0.019	0.006	3.296
γ_{kk}	-0.145	0.042	-3.422
γ_{kii}	0.020	0.061	0.325
γ_{kr}	0.000	0.005	0.085
γ_{iii}	-0.066	0.090	-0.734
γ_{iir}	0.057	0.016	3.487
γ_{rr}	-0.077	0.015	-5.281
φ_{11}	0.044	0.004	10.768
η_{i1}	-0.023	0.004	-5.916
η_{k1}	0.021	0.004	5.577
η_{ii1}	0.001	0.005	0.263
η_{r1}	0.001	0.001	1.229
μ_{r1}	0.009	0.004	2.170
μ_{k1}	-0.011	0.004	-2.752
μ_{ii1}	0.002	0.006	0.415
μ_{r1}	0.000	0.001	-0.490
δ_{11}	0.093	0.011	8.355
	R^2	0.736	
	R^2 Ajustada	0.723	

Cuadro 2

Elasticidad de la demanda de trabajo con respecto al precio del trabajo	-0.3611
Elasticidad de la demanda de los insumos intermedios con respecto al precio de los insumos intermedios	-0.0939
Elasticidad de la demanda del capital físico con respecto al precio del capital físico	-0.3624
Elasticidad de la demanda de capital de IDT con respecto al precio del capital de IDT	-0.0826

Del mismo sistema de ecuaciones, definido por (4) y (8), se pueden obtener las elasticidades de los costos unitarios y de las demandas de factores con respecto a los derrames de conocimiento resultantes de los GIDT. Dichas elasticidades están dadas por:

$$\hat{c} \ln(c/q) / \hat{c} \log s = \varphi_1 + \varphi_{11} \log s + \sum_j \mu_{j1} \log p_j \quad (11)$$

$$\hat{c} \ln(d) / \hat{c} \log s = \partial \ln(c/q) / \partial \log s + (\mu_{j1} / x_j) \quad (12)$$

donde $j = t, ii, k, r$

t es la demanda de trabajo, ii la de insumos intermedios, k la de capital y r la de investigación y desarrollo tecnológico en el sector productivo.

Las elasticidades se calcularon con los coeficientes obtenidos de la estimación del sistema de ecuaciones mostrados en el Cuadro 1 y se presentan en el Cuadro 3. Los resultados muestran que los costos unitarios de producción se reducen ante la presencia de los derrames de conocimiento, lo cual se refleja por el signo negativo de la elasticidad del costo unitario de producción con respecto a los derrames de conocimiento. Los resultados también parecen indicar que el principal motivo de las empresas mexicanas de la industria manufacturera para invertir en investigación y desarrollo es el de aumentar la capacidad de absorción del nuevo conocimiento generado por otras empresas. Lo anterior se puede inferir por el carácter sustituto de los derrames de conocimiento reflejado por el

signo negativo de la elasticidad de demanda de capital de IDT ante la presencia de los derrames de conocimiento resultantes del gasto en IDT de las demas empresas. Esto significa que los incentivos a invertir en investigación y desarrollo disminuyen ante la presencia de los derrames de conocimiento.

Cuadro 3	
Elasticidades con respecto a los derrames de conocimiento	
Costo Unitario	-1.1704
Demanda de trabajo	-1.1571
Demanda de insumos intermedios	-1.0910
Demanda de capital físico	-1.2034
Demanda de capital de IDT	-1.2291

Conclusión

Aunque es claro que las inversiones en investigación y desarrollo contribuyen a mejorar el bienestar de la población porque se traducen en menores costos de producción, las empresas mexicanas del sector manufacturero tienden a invertir muy poco en este tipo de actividades. Este fenómeno se puede explicar, en parte, por el carácter sustituto de los derrames de conocimiento. Las empresas manufactureras mexicanas tienden a sustituir sus propias inversiones en investigación y desarrollo con las inversiones realizadas por los demás agentes. En otras palabras, las empresas mexicanas se enfocan en la adopción de tecnologías generadas externamente, más que en innovar.

Muy probablemente este tipo de comportamiento maximice los beneficios de las empresas en el corto plazo. Sin embargo, en un esquema globalizado como el actual, en el que las empresas mexicanas tienen que competir con empresas extranjeras, se requiere cada vez más que las empresas empiecen a plantear estrategias de largo plazo. En el largo plazo, las empresas que estén más preparadas tanto para innovar como para adoptar nuevas tecnologías tendrán más oportunidades de sobrevivir. Por tanto, es necesario generar un esquema propicio para que las empresas dediquen más recursos a la investigación y desarrollo. Dicho esquema puede ser generado mediante el mejoramiento de la regulación de los mercados, de los derechos de propiedad intelectual y del manejo de recursos, entre otros.

Bibliografía

- Acs, Zoltan J. y David B. Audretsch (1990). *Innovation and Small Firms*. Cambridge, Mass., The MIT Press.
- Arias Galicia, Fernando (1977). *Lecturas para el curso de metodología de la investigación*. México, Ed. Trillas.
- Banco de México, *Encuesta de acervos y formación de capital, Banco de México, 1960-1994*, Banco de México, Dirección General de Investigación Económica, Gerencia de Información Económica.
- , *Índice Nacional de Precios*, Varios años.
- Barten, A. (1969). "Maximum Likelihood Estimation of a Complete System of Demand Equations". *European Economic Review*, Fall, 1, 1969, pp.7-73.
- Berndt, Ernst R. y David O Wood (1975), "Technology, Prices, and the Derived Demand for Energy", *The Review of Economics and Statistics*, LVII, No. 3., August 1975, pp. 259-268.
- Bernstein, Jeffrey (1988). "Costs of production, intra- and interindustry R&D spillovers: Canadian evidence". *Canadian Journal of Economics*, XXI, No. 2. May 1988, pp.324-347.
- Cohen, Wesley (1994). "Empirical Studies of Innovative Activity" en Stoneman, Paul (ed). *Handbook of the Economics of Innovation and Technical Change*. Oxford, Blackwell.
- y Daniel A. Levinthal (1989). "Innovation and Learning: The Two Faces of R&D", *The Economic Journal*, 99, pp. 569-596.
- CONACYT (2000). *Indicadores de Actividades Científicas y Tecnológicas 1999*. México. CONACYT.
- Goddard López, John Gabriel (1998). "Revisión de la Literatura sobre los Determinantes de la Innovación Tecnológica", Serie de Documentos de Trabajo del CONACYT, México, CONACYT.
- Heatfield, David (1987). *An introduction to cost and production functions*. Atlantic Highlights, N.J. Humanities Press International
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. *Encuesta Industrial Anual*. Varios años.
- Kamien, M. y N. Schwartz (1982). *Market Structure and Innovation*, Cambridge, Mass., Cambridge University Press.
- Kast, Fremont E y James E. Rosenzweig (1988). *Administración en las Organizaciones. Enfoque de Sistemas y de Contingencias*. México, McGraw-Hill.
- Kreps, David M (1995). *Curso de Teoría Microeconómica*. Madrid. McGraw-Hill.
- Krugman, Paul (1991). *Geography and Trade*, Cambridge, M.I.T. Press, 1991.
- Metcalf, Stan (1990). "On diffusion, investment and the process of technological change" en Deiano, Enrico; Eric Hörnell y Graham Vickery (eds). *Technology and Investment. Crucial Issues for the 1990s*. Gran Bretaña, Oxford University Press., pp. 125-153. pp. 17-38.

- Nadiri, M. Ishaq (1993). "Innovations and technological spillovers", NBER Working Paper #4423, August 1993.
- e Ingmar R. Proucha (1996). "Estimation of the depreciation rate of physical and R&D capital in the U.S. total manufacturing sector". *Economic Inquiry*, Vol. XXXIV, January 1996, pp. 43-56.
- North, Douglas C. (1995). *Instituciones, Cambio Institucional y Desempeño Económico*. México, Fondo de Cultura Económica.
- OCDE (1992a), *Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. Oslo Manual*, Paris, OCDE.
- (1992b), *Technology and the Economy: The Key Relationships*, Paris, OCDE.
- Romer, David (1996). *Advanced Macroeconomics*. McGraw-Hill International Editions.
- Shepard, R. W. (1953). *Cost and Production Functions*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Stiglitz, Joseph (1987). "Learning to Learn, localized learning and technological progress" en Dasgupta, Partha y Paul Stoneman (eds). *Economic policy and technological performance*, Gran Bretaña, Oxford University Press., pp. 125-153.