

SERIE DOCUMENTOS

BORRADORES
DE
INVESTIGACIÓN

No. 49, noviembre de 2004

**Recuento crítico de la bibliografía
sobre los impactos de la investigación
y sus indicadores**

Andrés Zambrano

Hernán Jaramillo Salazar

Clemente Forero Pineda



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario - 1653

ZAMBRANO, Andrés

Recuento crítico de la bibliografía sobre los impactos de la investigación y sus indicadores / Andrés Zambrano, Hernán Jaramillo Salazar, Clemente Forero Pineda. — Bogotá: Centro Editorial Universidad del Rosario, 2004. 23 p. : il. — (Economía. Serie Documentos, Borradores de Investigación; 49).

Incluye bibliografía.

ISSN: 0124-4396

EVALUACIÓN DE PROYECTOS / INNOVACIONES TECNOLÓGICAS / CIENCIA Y TECNOLOGÍA / INVESTIGACIÓN / DESARROLLO CIENTÍFICO Y TECNOLÓGICO / I. Jaramillo Salazar, Hernán / II. Forero Pineda, Clemente / III. Título / IV. Serie.

© Centro Editorial Rosarista

© Facultad de Economía

© Autores del libro: Andrés Zambrano, Hernán Jaramillo Salazar, Clemente Forero Pineda

Todos los derechos reservados

Primera edición: noviembre de 2004

ISSN: 0124-4396

Impresión digital: JAVEGRAF - Colombia

RECUESTO CRÍTICO DE LA BIBLIOGRAFÍA SOBRE LOS IMPACTOS DE LA INVESTIGACIÓN Y SUS INDICADORES*

ANDRES ZAMBRANO
jzambran@urosario.edu.co
Facultad de Economía
Universidad del Rosario

HERNÁN JARAMILLO SALAZAR
hjaramil@urosario.edu.co
Facultad de Economía
Universidad del Rosario

CLEMENTE FORERO PINEDA
cforero@urosario.edu.co
Facultad de Administración de Empresas
Universidad de los Andes
Facultad de Economía
Universidad del Rosario

RESUMEN

El artículo se centra en el estudio de los impactos sociales de la investigación y en la medición de éstos. El estudio del impacto de la actividad investigativa admite distintas secciones: las múltiples definiciones de los sistemas de innovación y del impacto de dichos sistemas; la visión institucionalista de los sistemas de innovación; la evaluación de impactos de la investigación; el nuevo enfoque que se está dando al análisis de los impactos, centrado en la formación de redes, y el debate sobre el impacto de la investigación en ciencias básicas y la justificación para su financiación. En una sección final nos referimos a la bibliografía existente sobre las formas de medir los impactos de la investigación a través de indicadores.

Palabras clave: sistemas de innovación, investigación y desarrollo, evaluación de proyectos, institucionalismo, impacto investigación, ciencia y tecnología.

Clasificación JEL: B52 H43, O31, O32, O33, O34, O38.

* En esta investigación participaron 22 investigadores, que son autores o coautores de los 21 ensayos donde se recogen los resultados del proyecto. Estos investigadores contaron con el apoyo sin condiciones de Colciencias. La dirección, los jefes de programas y los “demonios de Maxwell”, que orientan y registran la entrada de proyectos a la entidad, y las distintas dependencias académicas y administrativas ayudaron a recoger información compleja y esquiva al análisis. Más de una docena de destacados científicos colombianos y once secretarios técnicos de los programas de ciencia y tecnología de Colciencias enriquecieron con sus conceptos el análisis del equipo de investigación. Colciencias, el grupo Académico CT&S de la Universidad Nacional y la Regional de Suramérica de la empresa ISI-Thomson nos permitieron consultas y acceso temporal a sus bases de datos, que sirvieron de base a varios de los capítulos de este trabajo.

ABSTRACT

The paper studies the impact and measurement of research upon society. Studying research activities allows different sections: multiple definitions of innovation systems and impact of such upon society; the institutional division of innovation systems; the assessment research impact; the new focus of the analysis of impact, cantered in the formation of networks and the debate about the impact of research in sciences and reasons for its financial support. Finally we refer to the existing literature about ways of measure the impact of research through indicators.

Key words: Innovation systems, research and development, institutionalism, research impact, science and technology.

JEL Classification: B52 H43, O31, O32, O33, O34, O38.

1. DEFINICIÓN DE SISTEMAS DE INNOVACIÓN Y SU IMPACTO

Dentro del enfoque que se propone, las acciones aisladas no tienen un impacto directo sobre la sociedad. Esas acciones ayudan a la construcción de un sistema, y el sistema en su conjunto es el que puede influir en la sociedad. Así, los sistemas de innovación se deben entender como las instituciones, los incentivos y las competencias que tienen ingerencia en la generación, difusión y aplicación del conocimiento (véase Carlsson *et al.*, 2002).

Los sistemas están hechos de componentes, relaciones y atributos. Los primeros se definen como las partes operantes del sistema, y pueden ser actores, artefactos físicos o tecnológicos e, incluso, instituciones. Las relaciones se explican como los enlaces entre los componentes. Y los atributos se entienden como las propiedades de los componentes y las relaciones entre ellos.

Carlsson *et al.* (2002) sugieren que para poder lograr una buena medición del rendimiento del sistema y su impacto en el crecimiento de largo plazo es necesaria una apropiada delineación. Por esto, en su artículo “Innovation Systems. Analytical and Methodological Issues” se ocupan de trabajar tres aspectos en especial. El primero de ellos consiste en determinar cuál es el análisis apropiado para cumplir el objetivo. El segundo, importante para la delineación del sistema y la identificación de los actores y componentes, consiste en encontrar las principales relaciones que se necesitan capturar, de tal forma que las interacciones se lleven a cabo dentro del sistema y no afuera de éste. Un tercer aspecto concierne a la medición del rendimiento del sistema. A este respecto se preguntan qué se pretende medir y cómo se puede medir el rendimiento en cuanto al sistema y no en cuanto a los componentes.

A propósito del primer aspecto, Malerba (2002) asegura que el análisis sectorial de los sistemas de innovación es más eficiente que un análisis nacional o regional. Un sistema sectorial se define como el conjunto de productos y de agentes que llevan a cabo interacciones de mercado y no mercado para la creación, producción y venta de dichos productos. Esta definición proveería un mejor punto de vista para la identificación de los factores que afectan el rendimiento y la competitividad de las firmas y los países.

Lundvall *et al.* (2002) argumentan que la definición de un sistema de innovación debe depender de qué país se está analizando, pues existen diferentes características para cada uno de ellos. Collins (1985) y Callon (1999) sugieren dos estados posibles de las dinámicas de producción del conocimiento en los países industrializados: (1) en la ciencia consolidada los resultados son previsibles y se comunican por escrito a otros investigadores que compartan tal tema y que estén dispuestos a replicar y validar el conocimiento. En este estado, los costos de transmisión y asimilación del conocimiento son bajos y el costo de darlo a conocer es nulo. (2) En la ciencia emergente, la difusión del conocimiento no puede suponerse gratuita. Los científicos deben hacer grandes esfuerzos para consolidar un tema de investigación. Aquí la no rivalidad de la información es cuestionable y la transmisión del conocimiento es costosa, tanto para el emisor como para el receptor.

La ciencia en los países en desarrollo comparte características de estos dos estados. Por una parte, los investigadores deben hacer esfuerzos para consolidar una línea de investigación —según Forero (2005), la rareza y espaciado de la infraestructura implica conside-

rables costos para la réplica de resultados—; por otra, los resultados esperados de las actividades científicas son previsibles y existe cierta dependencia del conocimiento codificado.

Niosi (2002) propone, por su parte, que los sistemas de innovación sean evaluados por su “eficacia x” y “eficiencia x”. La “ineficiencia x” es la diferencia entre el rendimiento observado y el mejor rendimiento existente. La “eficacia x” es el grado al cual las organizaciones logran sus misiones. Esto lleva a una posible explicación del porqué existen países lentos en sus procesos de aprendizaje.

El planteamiento de Niosi es del mayor interés para este proyecto. Se verifica en las dificultades que se encontraron en su momento en la aplicación del *Manual de Oslo* a los países en desarrollo, lo que dio lugar a la formulación del *Manual de Bogotá*. Un sistema de innovación regional puede ser eficiente, pero puede estar fuertemente restringido por fallas estructurales de la sociedad. Así, por ejemplo, en los sistemas de innovación para los sectores productivos, el impacto de la investigación puede ser de magnitud considerable en la transformación de los productos y los procesos, pero su aplicación y su generalización pueden estar restringidas por las trabas estructurales e institucionales que enfrenta el desarrollo industrial o agrario. El impacto de la investigación social en la confección de las políticas sociales, a su vez, se ve restringido por los altos costos de transacción del proceso político de los países en desarrollo (Dixit, 2001) y, en particular, por la necesidad de ganar apoyo para las reformas propuestas.

Freeman (2002) muestra el impacto de los sistemas de innovación en el crecimiento económico de los países. Según la teoría de crecimiento, no es suficiente la acumulación de capital o el aumento de la fuerza laboral para hacer crecer a los países. Por eso afirma que la gran divergencia entre las tasas de crecimiento debe ser atribuida a la presencia o ausencia de la capacidad social de crear cambios institucionales, sobre todo si estos cambios facilitan y estimulan una tasa alta de cambio técnico, es decir, cambios que afecten positivamente los sistemas de innovación. En su artículo “Continental, National and Sub-National Innovation Systems Complementary and Economic Growth”, Freeman se centra en ejemplos de países que han formado grandes brechas en su desarrollo económico frente a los demás en los dos últimos siglos. Examina la complementariedad entre los subsistemas de la sociedad y el sistema nacional de innovación para los casos de Inglaterra, en el siglo XVIII, y Estados Unidos, en el siglo XIX. Los casos de Corea y Brasil son analizados a partir de sus modelos de aprendizaje.

El caso de Inglaterra es importante de evaluar pues, comparado con los demás países, fue el primero en abrir una gran brecha en productividad, en tecnología y en los ingresos per cápita. Freeman (2002) sugiere que a partir de la revolución industrial de Inglaterra los sistemas nacionales de innovación emergieron. La congruencia entre los subsistemas de la sociedad —como la ciencia, la tecnología, la cultura, la empresa e incluso el subsistema político— fue la clave del éxito de su sistema nacional de innovación. Además, instituciones como el espíritu científico y el apoyo a la invención técnica también contribuyeron al crecimiento económico de esta nación. Sin embargo, la desaceleración que evidenció Inglaterra en el siglo XX se debió a una relativa rigidez de algunas estructuras organizacionales, en comparación con la informalidad de sus instituciones.

Por su parte, a Estados Unidos le favoreció ser formado principalmente por colonias británicas; sin embargo, su crecimiento aún era retardado en la primera mitad del siglo XIX, por la

ausencia de una infraestructura apropiada de transporte para aprovechar las ventajas que le proveían su dotación natural, el tamaño del país y su mercado (Freeman, 2002; 199). Es entonces en la segunda mitad del siglo cuando comienzan a importar tecnología de Europa para adaptarla a sus necesidades y corregir sus deficiencias. A finales de este siglo ya había desarrollado nuevos procesos y nuevos productos en la mayoría de las industrias, y ahora éstas eran más productivas que las británicas. No obstante, existía una gran excepción, la economía esclavista del Sur. En palabras de Freeman: “es difícil evaluar el grado al cual el crecimiento económico del Sur en particular y de la Unión en general fue retardado por la prevalencia de esta economía esclavista, pero fue en el período siguiente a la victoria del Norte en la Guerra Civil que Estados Unidos logró tasas de crecimiento más altas que las alcanzadas previamente por Inglaterra” (2002; 199). Lo anterior muestra un caso donde un subsistema nacional retarda el crecimiento económico de un país, y cómo un cambio institucional, como la abolición de la esclavitud, influyó positivamente este crecimiento, no sin dejar problemas económicos y sociales que persisten hasta hoy.

En la opinión de Viotti (1997), Estados Unidos alcanzó y sobrepasó el crecimiento de Inglaterra debido a sus innovaciones radicales en nuevas industrias y no por innovaciones incrementales en industrias tradicionales. Sin embargo, las innovaciones radicales son más difíciles de hacer para las economías en desarrollo del siglo XX, por lo tanto, éstas se dedican a la imitación y al aprendizaje.

Los sistemas de innovación pueden dividirse en sistemas de aprendizaje pasivos y sistemas de aprendizaje activos. En general, los países latinoamericanos pertenecen a la primera clase y los del este asiático a los segundos. Esto explica la gran brecha alcanzada por estos últimos frente a los primeros y su éxito tratando de alcanzar a países ya desarrollados. Para ello ha sido de vital importancia el papel que desempeñan las políticas activas en los ámbitos tanto nacional como de firmas en la importación, mejoramiento y adaptación de la tecnología, como una característica importante de un desarrollo exitoso (Freeman, 2002).

Freeman (2002) identifica a Brasil como una economía estática a escala, a la que se llega simplemente construyendo una gran planta; entre tanto, las economías a escala dinámicas (Corea del Sur) dependen positivamente de políticas de aprendizaje activas y de actividades de ingeniería. Un indicador que puede llegar a mostrar la diferencia entre estas clases de economía es el número de patentes: mientras que para países latinoamericanos entre 1977-1982 y 1990-1996 el número de patentes fue duplicado, en el caso de países del este asiático esta cifra fue aumentada treinta veces.

Sin embargo, la crisis económica mundial sufrida a finales de la década de los noventa ha mostrado que aun cuando un país posea un sistema de innovación relativamente cerrado, éste siempre será parte de un sistema político y económico global. En general, “las tendencias en los subsistemas políticos, culturales y económicos están influenciados fuertemente por instituciones que están relacionadas tenuemente a la ciencia y a la tecnología” (Freeman, 2000; 205).

2. VISIÓN INSTITUCIONALISTA DE LOS SISTEMAS DE INNOVACIÓN

Una buena parte de la nueva bibliografía, comúnmente llamada *teoría evolutiva* (ASIF, 2002), ha enfocado el análisis de los sistemas de innovación y su impacto desde una perspectiva insti-

tucional. Esta visión resulta de integrar el enfoque organizacional comúnmente adoptado con el contexto institucional de las firmas. De acuerdo con Coriat y Weinstein (2002) la perspectiva organizacional enriquece los enfoques tradicionales de la firma y sus procesos de innovación en el trabajo dentro de ésta, sin embargo, los autores la consideran inadecuada para explicar no sólo la variedad de patrones de firmas, sino también el hecho de que ciertos patrones son dominantes en ciertos momentos: “Este fenómeno sí se puede explicar teniendo en cuenta el papel que juegan las instituciones y la manera como contribuyen a estructurar, modelar y dar formas cambiantes a los patrones organizacionales” (Coriat y Weinstein, 2002; 288).

Sin embargo, el enfoque meramente macroinstitucional también tiene sus problemas: éste debe suponer una firma representativa, lo cual hace que sea incapaz de proveer las herramientas analíticas para estudiar las distintas decisiones organizacionales de innovación, que explican buena parte de las ventajas comparativas (Coriat y Weinstein, 2002; 274). Se intuye así una complementariedad entre estos dos enfoques. Con ese pretexto se desarrolla una tercera aplicación identificada como *M form* o el carácter *moderno* de la firma, que se vincula a la firma con las nuevas creaciones institucionales referentes a la redefinición de los derechos de propiedad y así se advierte la mencionada coevolución de las organizaciones y las instituciones (Coriat y Weinstein, 2002).

Una forma alternativa de ver la integración de dichas instituciones es entendiéndolas como tecnologías sociales. Se debe examinar cómo entran en el proceso de producción cambiando el modo de interacción entre las firmas, produciendo efectos sobre las tecnologías físicas y, por ende, sobre la productividad y la innovación. La coevolución de estas tecnologías genera un impacto sobre el crecimiento económico (Nelson y Nelson, 2002).

En el proyecto desarrollaremos este enfoque alrededor de las dos siguientes preguntas: (i) ¿cuáles de estas conclusiones son válidas en la situación de los países en desarrollo, en especial Colombia? (ii) ¿Qué rasgos especiales tienen las redes, las organizaciones de ciencia y las instituciones de los países en desarrollo?

3. EVALUACIÓN DE IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN

Las evaluaciones de impacto de la investigación deben considerarse como una ayuda para hacer política y para administrar los diferentes ámbitos de los sistemas de investigación. Kilpatrick sugiere que el primer paso que se debe dar para la evaluación es la replicación de estudios originales. Según éste autor, “la habilidad de reproducir un método de investigación para validar los resultados es un requerimiento reconocido claramente en la investigación científica y es *de rigueur* en las ciencias” (1998; p.4). Por lo tanto, éste debe ser el primer paso para establecer los beneficios de un trabajo particular o de un grupo de estudios. Sin embargo, hay quienes afirman que la replicación es una forma de investigación y no de evaluación.¹ En general, este método confirma los resultados del trabajo original, además de aportar pruebas sobre si los procedimientos descritos en un determinado artículo fueron llevados a cabo. Otros procedimientos distintos, que pueden llegar al mismo resultado de la investigación, pueden ponerse en marcha en adición a los

¹ Aunque esta forma de investigación se deja a los estudiantes y los *journals* no se interesarán en publicarla.

utilizados originalmente. Si los resultados no difieren, se podrá decir que el resultado fue replicado exitosamente. Si no es así, la veracidad de los resultados podrá ponerse en duda.

Quizá la forma de evaluación de impactos más comúnmente utilizada y a la vez más cuestionada es el análisis de costo-beneficio, la cual es útil para la discusión de política, pues sirve como método para ayudar a tomar decisiones de inversión *ex ante* y es simple de calcular. Consiste en calcular los costos y beneficios de un proyecto en términos monetarios absolutos o marginales, para luego compararlos. Métodos financieros como la medición de la tasa interna de retorno de un proyecto se deben calcular basándose en esta metodología (Kilpatrick, 1998).

La popularidad que ha alcanzado este método se debe a que permite que distintas consideraciones económicas se reúnan en un solo sistema de análisis. El problema es que no tiene en cuenta los aspectos no cuantificables, pues esta metodología fue diseñada para programas discretos. Esto hace que la evaluación pueda ser sesgada, ya que los costos sociales de financiar proyectos de ciencia y tecnología son significativos. Otro de los inconvenientes de este sistema de evaluación es que los datos de costos y beneficios reales son *ex post* (Brown, 1995). Kilpatrick (1998) sostiene que estos retornos de la investigación deben ser evaluados *ex ante* y *ex post*. Así, una evaluación *ex ante* de los beneficios potenciales de la investigación se necesita para determinar si ésta debe ser financiada. Las evaluaciones *ex post* se requieren para establecer si se debería financiar investigación adicional. Las evaluaciones *ex post* deben estar basadas en los programas de la evaluación que se ejecutan como resultado de la investigación. Sin embargo, problemas como la cuantificación de los beneficios y costos pueden ser sobreestimados o incompletos. De igual forma, las externalidades son difíciles de calcular con un enfoque de costo-beneficio.

Una tercera forma de medir los beneficios de la investigación es mediante la evaluación de usuarios o encuestas. Consiste en encuestar a los usuarios de la investigación con el fin de obtener información para valorar la investigación; no obstante, es una alternativa de análisis costosa (Kilpatrick, 1998), pues involucra encuestas y el diseño de un cuestionario. Una posible solución es concentrar la población en grupos, pues sería menos costoso, pero la selección de los participantes no necesariamente será aleatoria y el resultado será difícil de presentar de manera sistemática.

Otro de los problemas que presenta es que existe un conflicto de intereses inherente entre los encuestados, por ejemplo, si los usuarios se benefician de la investigación, expresarán satisfacción para mantener el flujo de beneficios (Cozzens, 1995). Salter y Martín (1999) afirman que aquellos que responden las encuestas tradicionales en las firmas pueden tener un sesgo hacia las actividades internas de su propia firma y un conocimiento limitado de sus sectores y su tecnología. De igual forma, si los entrevistados pertenecen a otro ámbito, las respuestas sufrirán un sesgo parecido. Por ejemplo, en la mayoría de encuestas hechas a ejecutivos, éstos no identifican a las universidades como una de las mayores fuentes de insumos para los procesos de innovación.

Otra de las posibles formas de medir el impacto de la investigación² es a través de estudios de caso (Smith, 1998). Los estudios de casos son una poderosa herramienta para examinar directamente el proceso de innovación y las raíces históricas de una tecnología particular (Salter y Martín, 1999). Éstos utilizan datos históricos comparativos con el fin de entender con detalle

² Más aún si se quiere evaluar la productividad de los factores.

el comportamiento del objeto de estudio, y se constituyen en un tipo de análisis que puede ser mejor que uno estadístico (Kilpatrick, 1998). Un estudio de caso ejemplar debe ser significativo, contener toda la información relevante necesaria, considerar perspectivas alternativas, mostrar suficientes indicios y, además, estar presentada en forma encadenada.

Por último, el estudio de caso debe ser atractivo (Yin, 1989). Un buen caso de estudio debe examinar cómo la investigación fue trasladada a política y cómo la política, luego, cumple las metas de la investigación (Kilpatrick, 1998). Para esto es necesario ser específico en la pregunta de la investigación (Kingsley, 1993), desarrollar una explicación del porqué se utilizaron los métodos y responder por qué éstos son útiles para las necesidades de la evaluación.

La selección de los casos debe ser escogida al azar. No debe haber criterio alguno de conveniencia, para asegurar que los cálculos de los beneficios de la investigación derivados del análisis sean estadísticamente representativos. Kingsley (1993) sugiere que los casos de estudio examinen tanto proyectos exitosos como los no exitosos. Por otra parte, los estudios de caso generalmente complementan los hallazgos de los estudios econométricos y de las encuestas; sin embargo, son costosos de administrar, pueden tomar un largo tiempo para analizar y proporcionan una visión estrecha de la realidad. Yin (1989) afirma que una de las más grandes debilidades de los estudios de caso es la falta de rigor, por lo tanto, proveen poca información para una generalización científica. Además, pueden resultar ser documentos ilegibles.

Una forma alternativa de evaluar el impacto de la investigación es a través de la bibliometría (Kilpatrick, 1998). La bibliometría, entendida como la medición del material publicado y de las citas que estas publicaciones han tenido, se utiliza como una *proxy* para medir los retornos del gasto en investigación y desarrollo y para evaluar la infraestructura científicos; además, es útil para mostrar la importancia de la producción de los investigadores, pues las citas son un indicador de la familiaridad del investigador con una bibliografía particular y la relevancia de un artículo o estudio al trabajo de un investigador.

Este método puede medir varios aspectos cuantitativos de las publicaciones: el número de citas de un autor (Sarafoglou y Haynes, 1996); las tasas de crecimiento de la bibliografía en revistas; el retardo en la recepción, aceptación y publicación de la investigación; los patrones de producción en los estudios científicos, o las conexiones entre distintos agentes que participan en los sistemas de innovación. Por ejemplo, los estudios bibliométricos muestran la importancia de la universidad en indicadores sobre las actividades de innovación formales como las patentes (véase Langforn, s. f.; 1-2).

Los problemas de la bibliometría consisten en que no puede medir calidad, no es consciente de que una publicación es más importante en algunas disciplinas que en otras (Cozzens, 1995) y no mide los beneficios que deja a la sociedad —quizá el problema más grande de este método para nuestro objetivo—.

Esta última dificultad se percibe también en las evaluaciones hechas por pares, que es el método más ampliamente utilizado en el mundo (Cozzens, 1995) e incluso el primero en aplicarse,³ porque provee los medios cuantitativos de medición del producto. No obstante, al igual

³ Según Bozeman (1993; 80) se utilizó en 1665.

que la bibliometría, debe complementarse con otro sistema de evaluación, pues por sí solo no puede medir los beneficios sociales de la investigación (Kilpatrick, 1998).

Otro método alternativo es el análisis de regresión. Popper (1995) sugiere un análisis de función de producción. En particular, se trata de mirar si la investigación lleva a retornos crecientes a escala. La evaluación de beneficios de proyectos de investigación específicos a través de funciones de producción muestra que éstos son difíciles de encontrar, particularmente en la investigación en ciencias sociales.

Para evaluar programas también se han utilizado técnicas de modelación de investigación de operaciones (Kilpatrick, 1998). La programación lineal es una metodología cuantitativa que usa la modelación matemática de optimización restringida. Se usa para encontrar una solución óptima dada una serie de restricciones.

Además de la programación lineal, existen métodos como el *goal programming* y el análisis envolvente de datos (DEA). Este último calcula la frontera de la función de producción, en vez de minimizar la suma de cuadrados de una regresión econométrica. Este método es exitoso cuando las funciones de producción son apropiadas. El *goal programming* es un modelo de investigación de operaciones de criterio múltiple para la toma de decisiones (Charnes, Cooper y Ferguson, 1955). Al seleccionar las metas de los investigadores usando esta técnica, en vez de seleccionar las metas del programa (las cuales pueden ser divergentes), se pueden aislar los efectos de la investigación en el programa.

Otro método utilizado por varias ciencias aplicadas es la simulación (Kilpatrick, 1998). Puede ser útil para evaluar la investigación cuando se sospecha que los datos siguen algún proceso y éstos son difíciles de modelar. La simulación sirve para determinar la sensibilidad de un sistema y el rango de opciones para la intervención. El problema de este método es que no trabaja con los datos observados, sino que se generan los escenarios. Por lo tanto, el resultado muestra la realidad potencial, pero no mide las circunstancias actuales. Sería conveniente para saber hasta dónde podría llegar el impacto de un programa específico.

Una alternativa válida para la medición del impacto es la combinación de algunos métodos. Por ejemplo, Sarafoglou y Haynes (1996) combinan la bibliometría y la DEA para estudiar los efectos regionales de la investigación en la productividad de la universidad en Suecia. Aunque probablemente se tenga que incurrir en costos adicionales.

En general, la mayoría de estos métodos se ha tomado de otros campos, como el de evaluación de programas, porque se puede aplicar para examinar el impacto de los diferentes programas en los diferentes ámbitos. Sin embargo, existen sistemas de evaluación que fallan en su propósito, debido a que se centran mucho en el comportamiento o *feedback* y en el control del proceso, e incluso porque son sistemas difíciles de aplicar. Además, existe un largo rezago entre la investigación y su aplicación, que ocasiona grandes inconvenientes a la hora de evaluar su impacto.

Las anteriores limitaciones nos llevan a plantear una serie de condiciones deseadas para los sistemas de evaluación de impacto. Por lo tanto, para ser exitoso, un sistema de evaluación está en la obligación de definir los objetivos de la medición y los factores de contingencia que

requiere tener en cuenta. Esto permite escoger los mejores parámetros de diseño (Blair, 1999). “La evaluación efectiva de los resultados de la investigación a un nivel institucional debe tener en cuenta los impactos de la actividad investigativa en todas las funciones de la institución y no fijarse solamente en la productividad investigativa” (OCDE, 1997; 9-10). Por ejemplo, en el caso de la universidad, la evaluación debe tener en cuenta otras funciones de la universidad, como la enseñanza y capacitación, la transferencia de conocimiento a otros sectores, la conectividad internacional y los impactos en la cultura nacional e internacional.

Para valorar el impacto de la ciencia se requiere determinar los impactos intencionados y los no intencionados resultantes de las políticas. Este enfoque permite determinar cuáles son totalmente atribuibles a la ciencia o a programas particulares de ciencia. Cuando se procede por esta vía, es importante tener en cuenta las imperfecciones del mercado y la forma como estas políticas las reducen (Bronson Associates, 1999).

4. IMPACTO DE LA FORMACIÓN DE REDES

Las redes se entienden como acuerdos de intercambio social que fomentan el cambio social sostenido y a su vez complementan el papel que desempeñan las instituciones. Para sostener una red se necesita su institucionalización. Esto es, las redes crean una institución al definir el comportamiento entre sus miembros con respecto a los objetivos comunes. Como este comportamiento se altera en el tiempo por circunstancias externas o por el crecimiento interno, la institución de la red debe evolucionar. Esta adaptación consiste en concebir la red como una estructura más formal, mientras los miembros y los donantes procuran crear la capacidad de influir a largo plazo y el uso más eficiente de recursos. La capacidad para guiar esta evolución es un factor crucial para la implementación de la red.

Las redes son exitosas cuando son organizaciones de aprendizaje y son capaces de amortiguar imprevistos. Además, las redes dirigidas, es decir, las que mantienen anclas sólidas en comunidades locales, tienden a ser más sostenibles y a tener un mayor impacto. Éstas pueden permitir que los individuos y las instituciones salten de los sistemas de innovación débiles hacia vínculos con estudios y recursos externos (Bernard, 1996). Sin embargo, “para entender mejor los patrones científicos de la comunicación en los países en desarrollo [en términos de la necesidad, la utilización y el impacto], se necesita una congruencia entre las técnicas para establecer una red y los contextos en que surgieron” (Hicks, 1995; 2-3).

5. EL IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS BÁSICAS Y EL DEBATE SOBRE SU FINANCIACIÓN

El impacto de la investigación en ciencias básicas ha sido objeto especial de estudio —probablemente sea el más estudiado en la bibliografía como lo sugieren Godin y Doré (2003)—. El desarrollo a largo plazo y su elevado costo han sido los factores centrales en el debate que se genera alrededor de su financiamiento. Aquí surge una pregunta, ¿debería el Estado financiar la investigación básica? Para responder esta pregunta se han adoptado tres enfoques metodológicos principalmente.

El primero es la econometría. El impacto se puede calcular evaluando los beneficios económicos que la ciencia arroja. Éstos se han estimado mediante regresiones econométricas que sugieren que tales beneficios son sustanciales —se resaltan los *spillovers* y los efectos de localización en la investigación—. Sin embargo, estos análisis implican supuestos irreales sobre la naturaleza de la innovación. Existen estudios que señalan grandes contribuciones de la financiación pública de las ciencias básicas en la innovación industrial. Un ejemplo de esto es el análisis de Toole (2000) sobre industria farmacéutica, donde un aumento del 1% en las existencias de investigación básica pública lleva a incrementos del orden del 2% en el número de nuevos productos en el mercado. Más aún, existen trabajos que intentan medir la tasa de retorno de la investigación básica. Mansfield (1998) la calculó cercana al 28%.

Por otro lado, Arora y Gambardella (1998) han hecho estudios aplicados a entidades públicas que financian la investigación básica, como el caso de la National Science Foundation (NSF) a través de becas. Estos autores concluyen que tales ayudas se consideran simples rentas y no dan ganancias en productividad, lo cual hace de estos resultados una aparente contradicción. Sin embargo, estos estudios se hacen en distintos contextos. El primero de ellos concentra su análisis en el impacto que la investigación básica pública tiene sobre el sector industrial y el segundo analiza los efectos que la financiación pública tiene sobre la investigación básica en economía.

Se ha estudiado la posibilidad de que los recursos sean dados por entidades privadas en forma de *club good*, “... de esta forma se internalizarían las externalidades que generan estos tipos de investigaciones” (Swann, 2002; 1). Sin embargo, estas soluciones aún son muy raras de encontrar y, por lo tanto, difícil de estudiar empíricamente. Además, el financiamiento público (teóricamente hablando) es preferido la mayoría de veces a los *club goods*. Es importante tener en cuenta que estos análisis son hechos a países desarrollados y que no implica que los países en desarrollo se deban comportar así, necesariamente.

Una segunda metodología es el análisis a partir de encuestas y una tercera son los estudios de casos. Las encuestas examinan cómo se comportan las industrias ante la oferta de financiación pública y a partir de ahí las firmas obtienen una fuente de ideas innovadoras. Por otro lado, se han utilizado encuestas donde científicos y ejecutores de política definen la investigación básica. Allí describen los beneficios y plantean los desafíos que la investigación básica está enfrentando en el ambiente de la investigación (Calvert y Martín, 2001).

De estas dos metodologías se concluye que los beneficios de la inversión pública en investigación básica pueden tomar muchas formas: incremento de las reservas de conocimiento útil, capacitación de graduados calificados, creación de nueva instrumentación científica y metodologías, formación de redes y estimulación de la interacción social, aumento de la capacidad de solución de problemas científicos y tecnológicos y creación de nuevas firmas. La importancia relativa de estas diferentes formas de beneficios varía según el campo científico, la tecnología y el sector industrial.

De tales trabajos se derivan serias implicaciones para la política. Las políticas deben asegurar que la investigación básica esté integrada con la capacitación de estudiantes graduados. Los *grants* de investigación deben incluir recursos adecuados para acceder a la última instrumentación, para desarrollar facilidades experimentales y nuevas metodologías y para financiar técni-

cos que asistan estas tareas. Las políticas deben estar dirigidas al incremento del reclutamiento industrial de científicos e ingenieros calificados, particularmente en aquellas firmas que no cuentan con estos recursos humanos. No se debe permitir la existencia de naciones que se beneficien sin hacer esfuerzos, en el sistema científico mundial; se necesita un enfoque de portafolio para la financiación pública de la investigación básica (Salter y Martin, 1999).

6. INDICADORES

En los últimos años la importancia de medir los impactos de la investigación ha sido un tema muy discutido por su pertinencia para el desarrollo de los países. Para esto se han creado indicadores que intentan medir dichos impactos. Los indicadores tradicionales y mundialmente aceptados son los publicados en el *Manual de Oslo*. Sin embargo, basados en el criterio de “eficiencia x”, éstos no son apropiados para países en desarrollo como Colombia. Por esto, el *Manual de Bogotá* cobra especial importancia al reconocer este hecho y tratar de corregirlo.

Otro intento bastante importante y más reciente de categorizar indicadores por impacto ha sido el de Godin y Doré (2003). Los impactos se dividen en once dimensiones: ciencia, tecnología, economía, organización, cultura, sociedad, política, salud, ambiente, lo simbólico y el aprendizaje. Esta clasificación es producto de varias entrevistas dirigidas a centros de investigación y otros actores sociales. Por su simplicidad y su gran importancia, éste será el documento principal que seguiremos en la descripción de los indicadores.⁴ El impacto sobre la *ciencia* se da cuando “... los resultados de la investigación tienen un efecto en el progreso del conocimiento (teorías, metodologías, modelos y hechos), la formación y el desarrollo de especialidades y disciplinas, y el aprendizaje [...] incluso pueden tener un efecto en el desarrollo de las actividades de investigación [...]: interdisciplinariedad, intersectorialidad, internacionalización” (Godin y Doré, 2003; 5). Estos autores también han definido subdimensiones de la ciencia: los avances en el conocimiento, las actividades de la investigación y el aprendizaje de los investigadores.

Por esto, la undécima dimensión reconocida, relativa al aprendizaje, puede ser agregada a esta primera. La diferencia radica en que el aprendizaje, visto como dimensión, otorga el papel más importante a la academia. Se refiere a los currículos, a las herramientas pedagógicas, a la calidad, a la entrada a la fuerza de trabajo y al uso del conocimiento adquirido. Sin embargo, está estrechamente unida a la ciencia, por esa razón se tomará como una sola dimensión.

Para la medición de este impacto el indicador más comúnmente utilizado son las publicaciones.⁵ Según Da Motta e Albuquerque y Tristao Bernardes (2001), la utilización de las publicaciones para caracterizar los países es justificable, pues:

Describen el nivel de desarrollo de los recursos educativos de un país; la calidad de las universidades; sus conexiones con los flujos internacionales de conocimiento científico; y el compromiso de estas universidades con las actividades de investigación. Esta afirmación implica que el número de artículos publicados debe

⁴ Muchos de los indicadores serán citados, sin embargo, para un conocimiento exacto de éstos remítanse al artículo de Godin y Doré (2003).

⁵ Una buena revisión de los pros y de los contras de los artículos como *proxy* de la infraestructura científica puede encontrarse en Velho (1987).

tomarse como un indicador de la situación general de las condiciones educativas del país y de su utilidad para el desarrollo económico. (2001; 5)

El número de citas (Godin y Doré, 2002) también se ha usado desde hace más de treinta años para medir el impacto de las publicaciones científicas en otros investigadores. Otros⁶ han resaltado la importancia de la academia (vista a través de las publicaciones resultantes de la investigación académica) en el proceso de innovación de las firmas, aunque también se han utilizado las coautorías y la clase de medios donde se publican para caracterizar la interdisciplinariedad, la interseccionalidad y la internacionalización.

La segunda dimensión, referida al impacto tecnológico, es apreciable en las innovaciones de producto, procesos y servicios así como en la destreza adquirida. En cuanto a la tercera dimensión (el impacto económico), Godin y Doré (2003) la asocian con el impacto que afecta la situación presupuestaria de una organización, las fuentes del financiamiento, las inversiones, las actividades de producción y el desarrollo de los mercados. Sin embargo, esta última dimensión bien podría estar incorporada en la anterior, por lo tanto, se hablará como lo tecnológico-económico. A esta categoría también puede agregarse la dimensión organizacional. Este impacto afecta las actividades de las organizaciones como la planeación, la organización del trabajo, la administración y los recursos humanos.

El principal indicador de esta superdimensión son las patentes, ya que son muy pocos los indicadores que también miden apropiadamente este impacto. No obstante, aun cuando varios trabajos econométricos han probado que las patentes no dejan de ser una buena aproximación del cambio tecnológico, éstas tienen serias falencias. Con las patentes se quisiera medir y entender mejor el proceso económico que lleva a la reducción de los costos de producción existentes y al desarrollo de nuevos productos y servicios (Griliches, 1990), asimismo, se quisiera entender qué determina la asignación de los recursos para las actividades tecnológicas y a qué tasa la frontera de posibilidades de producción está desplazándose; sin embargo, las patentes están lejos de poder cumplir estas expectativas.

Griliches (1990) argumenta que los dos problemas más grandes al usar las patentes para el análisis económico son su clasificación y su variabilidad intrínseca. El primer problema nace de preguntarse cómo asignar las patentes organizadas por firmas o por clases de patentes a grupos de industrias o productos económicamente relevantes con el fin de focalizar la medición de tal impacto. Este problema ya ha sido largamente tratado por varias corrientes.⁷ El segundo responde al hecho de que las patentes difieren considerablemente en su significancia técnica y económica. Muchas reflejan pequeñas mejoras a productos ya existentes, mientras otras representan cambios radicales en las formas de producción. Además, una buena cantidad de invenciones no son patentables y otras tantas no se patentan. Más aún, dichos trabajos muestran que las patentes pueden tomar el rol de insumo o de producto, según lo que se quiera explicar. Por ejemplo, se ha demostrado que las patentes otorgadas determinan el gasto en investigación y el desarrollo de un futuro.

⁶ Véase este tema en Mansfield (1991), Mansfield (1998), y Mansfield y Lee (1996).

⁷ Para ampliar esta información, véanse Schmookler (1966); OTAF (1985); el anexo de Englander, Evenson y Hanazaki (1988); Evenson et al. (1988).

Aquí nace un tercer problema, existen distintas series de patentes. Según Griliches (1990), las patentes aplicadas por residentes no son una buena medida de cambio tecnológico en un país. La anterior afirmación fue hecha tras el análisis de hallazgos empíricos, más exactamente de la disminución de la aplicación de patentes en Estados Unidos, presenciada en la posguerra. Schmookler (1966) afirmó que este descenso de aplicaciones se debió: (a) al cambio en el clima político y judicial después de los años treinta, pues éste se volvió más hostil para patentes y para la aplicación de los derechos de propiedad; (b) al crecimiento de los retrasos del procesamiento de las aplicaciones en la oficina de patentamiento, y (c) al aumento de las industrias que confiaban más en el secreto empresarial.

Por su parte, Griliches (1990) argumenta que la disminución de pedido de patentes a través del tiempo también es consecuencia del aumento del salario real y, por ende, del aumento del costo de oportunidad de participar en el sistema de patentes. Este incremento contribuyó a la disminución considerable de la solicitud por parte de inventores 'independientes' y a que las firmas lo hicieran solamente cuando el valor potencial de una invención fuera más alto. Esto conlleva que la disminución de solicitud de patentes por residentes, que se evidenció después de la Segunda Guerra Mundial, no sea equivalente a una disminución de la actividad tecnológica. Por esto, para medir la capacidad tecnológica de un país, es necesario tener en cuenta el total de las patentes que son requeridas.

Ahora bien, existen otros determinantes de las solicitudes, por ejemplo, la escogencia del país depende del uso de la invención, de las relaciones comerciales y de la proximidad de los mercados. Otro aspecto importante es la efectividad del sistema de patentamiento y de la clase de patentes que protege.⁸ En general, para Griliches (1990) la solicitud de una patente se lleva a cabo cuando el valor esperado excede el costo de aplicarla. El valor esperado de la patente es igual a la probabilidad de que sea otorgada multiplicado por el valor económico esperado de ejercer los derechos de propiedad menos los efectos negativos potenciales de dejar al descubierto la invención. Por otra parte, Griliches (1990) afirma que los principales determinantes del número de solicitudes en un país son atribuidos a sus condiciones económicas. Prueba de esto es que las aplicaciones en Estados Unidos disminuyeron sustancialmente en la Gran Depresión y durante la Segunda Guerra Mundial.

La probabilidad de tener éxito en el otorgamiento de una patente en un país está seriamente correlacionada con el procedimiento y con los recursos de las oficinas de patentes (Griliches, 1990). Por ejemplo, el éxito de obtener la patente⁹ en Estados Unidos en 1965 era de 58% y de obtenerla en 1967 era de 72%. A mediados de 1979, para Francia era del 90%, cerca del 80% en Inglaterra y aproximadamente del 35% en Alemania. Lo anterior implica que la calidad de las patentes que lograron su aprobación cambia entre países y entre períodos.

La tasa a la que se otorgan patentes a nacionales también varía entre países (Evenson, 1984). Para aquellas naciones con economías planificadas, como Estados Unidos esta tasa oscila alrededor del 75%. Mientras que para países subdesarrollados esta tasa disminuye al 15%. Esta

⁸ Por ejemplo en los años ochenta, Alemania occidental recibía una gran aplicación de modelos de utilidad por parte de no residentes cuyos países aún no los reconocían como invenciones.

⁹ Véase Tabla 1 de Schankerman y Pakes (1986).

relación representa el grado de desarrollo de la economía y su grado de integración económica con otros países. Griliches argumenta que, al igual que las publicaciones en determinados temas, el patentamiento cada vez se hace más fácil, pues “el estándar de innovación y la utilidad impuesta en el otorgamiento de tal derecho no es muy alto” (1990; 1663).

Por las anteriores razones las patentes parecen ser un buen indicador para usar, aunque no se puede considerar como el único. Godin y Doré (2003) proponen otros para medir el impacto tecnológico-económico, entre los cuales se encuentran el valor de las ventas y de los bienes, el número de usuarios y frecuencia de los usos y la reducción de los costos operacionales, cuando se habla de productos, procesos y servicios.

Como indicadores que midan el impacto en el financiamiento y su inversión se utilizan el índice de financiamiento a través del mercado accionario, el valor de los contratos, el tipo de trabajos y competencias en la organización, el tipo de activos fijos y material y sus respectivas inversiones. La diversificación de los mercados y su importancia, así como la participación de los productos de alta tecnología en las ventas son indicadores que miden el desarrollo de los mercados. El impacto organizacional puede ser medido a través de las orientaciones estratégicas, de la asignación del personal, de la adquisición de técnicas avanzadas de producción, del grado de especialización de los trabajos, del número y valor de los computadores en la empresa, de las condiciones en el trabajo y de las habilidades de los trabajadores.

Las siguientes dimensiones son aún más intangibles y, por lo tanto, más difíciles de medir. El impacto de la *cultura* se define como “el entendimiento público de la ciencia [... es decir] el impacto en el conocimiento y el entendimiento del individuo de las ideas y la realidad” (Godin y Dorés, 2003; 6). Entre los indicadores medibles que se desarrollaron para analizar este impacto está la tasa de graduación en ciencias; los resultados académicos en ciencias; la frecuencia y duración del uso de nuevas tecnologías en la casa y el trabajo; la participación en actividades científicas; el número de horas dedicadas a escuchar, leer o ver programas científicos en horas de ocio, y el número de visitantes a museos de ciencia y tecnología (Godin y Doré, 2003).

Otra clase de indicadores pueden desarrollarse, pero suelen ser muy difíciles de medir. Entre éstos se hallan el grado de entendimiento de conceptos científicos, el desarrollo de nuevas habilidades (creatividad, crítica, análisis y síntesis), la habilidad de identificar y resolver problemas de una manera técnica o mecánica y los valores y creencias.

Una sexta dimensión se refiere al impacto en la sociedad. Ésta se define como el “impacto que el conocimiento tiene en el bienestar, y en los comportamientos, prácticas y actividades de las personas y los grupos” (Godin y Doré, 2003; 7). Para las personas, el impacto social comprende el bienestar, la calidad de vida, las costumbres y los hábitos. Para los grupos, el nuevo conocimiento altera la forma de ver la sociedad. Entre los indicadores que miden este impacto se encuentran las mejoras en las condiciones sociales y económicas del individuo y el compromiso entre las asociaciones que trabajan en cuestiones científicas.

El impacto político, séptima dimensión, se refiere a aquel que el conocimiento puede tener en aquellos que diseñan las políticas y en el diseño de tales políticas (públicas). Varios indicadores pueden desarrollarse, pero todos muy subjetivos y difíciles de medir. Por ejemplo, una nueva

jurisprudencia, una nueva ley o política o la estandarización de las políticas; la presentación de documentos por los ciudadanos a comisiones del legislativo; la participación de ciudadanos en asambleas, o un nuevo interés o actitud por parte de los tomadores de decisiones hacia cuestiones de interés público.

En esta dimensión vale la pena agrupar las dimensiones correspondientes a la salud y al ambiente. La primero se refiere al impacto de la investigación en salud pública y en el sistema de salud. Para medirlo se debe poner especial cuidado en el cuidado a la salud, la expectativa de vida y fertilidad, la prevención y prevalencia de enfermedades, los costos de la salud, la infraestructura y el equipo médico. La segunda estudia el impacto de administrar los recursos naturales y la polución ambiental, así como la investigación referente al clima y la meteorología.

La décima dimensión, concerniente a lo simbólico, fue identificada por los usuarios de los resultados de la investigación. Se refiere a los posibles beneficios que puede obtener una empresa cuando, por ejemplo, los actores observan sus alianzas con institutos de investigación o la inversión en investigación y desarrollo que realiza la firma. Estos beneficios pueden ser traducidos en credibilidad y se pueden medir con ayuda de indicadores como las invitaciones a participar o liderar foros, los premios y títulos o las promociones o nominaciones.

Después de un breve repaso por las distintas dimensiones del impacto de la ciencia en la sociedad, es necesario reconocer que existen muchos más indicadores en la bibliografía existente. Algunos autores, por ejemplo Katz (2000), critican los indicadores utilizados actualmente, porque dejan de tener en cuenta la no linealidad entre el tamaño y el rendimiento de una institución. Por eso se ha desarrollado una nueva clase de indicadores escalar-independientes. Éstos pueden proporcionar un retrato más equitativo de las semejanzas y diferencias entre grupos de investigación de distinto tamaño.

Existen otros enfoques para la medición de los impactos de la actividad científico-tecnológica que se centran en los efectos que producen las políticas públicas. Éstos se basan en el análisis estructural de redes sociales y permiten analizar las estructuras que los mecanismos de incentivos y de financiación crean. El análisis estructural se utiliza con el objetivo de medir la densidad y cohesión de las redes, sus propiedades emergentes y la posición de centralidad de los actores en la red que el programa de I+D contribuye a crear. Así, el análisis estructural permite medir la capacidad distributiva de información y conocimiento de las redes.

Para que la evaluación de una red sea más efectiva se deben tener en cuenta indicadores de la formación de redes que midan (Sanz Menéndez, 2001):

- Su eficacia en alinearse con las instituciones existentes y en el rejuvenecimiento con nuevos tipos de miembros.
- Su progreso en clarificar y mantener acuerdos en la racionalidad y cultura de las redes.
- Sus mejoras en la aplicación de servicios y productos dentro de las comunidades de usuarios.
- Sus bases para aumentar el apoyo a la financiación y sus capacidades de compartir el costo con los donantes.

En el caso de la visión institucional, Capron y Cincera (s. f.) han preparado indicadores que miden la instalación institucional de los sistemas de innovación basados en criterios como la

comparabilidad de resultados entre países, la representatividad de resultados en el perfil institucional de los países, los asuntos de medición de la instalación institucional y la consistencia del enfoque de acuerdo con el concepto de instituciones.

Hasta aquí tenemos un panorama de lo que ha sido la bibliografía sobre impactos y sus indicadores. Apoyándonos sobre todo en la referida a indicadores, presentamos a continuación un análisis de los impactos de los programas de investigación sobre tres o cuatro ámbitos de la sociedad colombiana, para luego inducir un sistema de indicadores para la medición de estos impactos.

BIBLIOGRAFÍA

- Abramovitz, M. A. y David, P. A. (1994), *Convergence and Deferred Catch-Up: Productivity Leadership and the Waning of American Exceptionalism*. Stanford, Stanford University.
- Collins, Harry (1985), *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*, Beverly Hills (CA), Sage Publications.
- Callon, Michel (1999), “Le réseau comme forme émergente et comme modalité de coordination: le cas des interactions stratégiques entre firmes industrielles et laboratoires académiques”, en *Réseau et Coordination*, Paris, Economica, pp. 13-64.
- Abramovitz, M. A. (1986), “Catching Up, Forging ahead and Falling Behind”, en *Journal of Economic History*, No. 46, pp. 385-406.
- Aghion, P. y Howitt, P. (s. f.), *Endogenous Growth Theory*, Cambridge (Mass.), MIT.
- Arora, A. y Gambardella, A. (1998), *The Impact of NSF Support for Basic Research in Economics*, Pittsburgh, Carnegie Mellon University.
- ASIF Team (2002), *Assessing the Socio-Economics Impacts of the Framework Programme* Manchester, University of Manchester.
- Banze, C. E. (2000), *A especificidade e a diversidade do continente africano: uma sugestão inicial de tipologias de sistemas nacionais de inovação*, monografía de graduación, Belo Horizonte, FACE-UFMG.
- Beggs, J. (1984), “Long-Run Trends in Patenting”, en Griliches, Zvi (edit.), *R&D, Patents, and Productivity*. Chicago: The University of Chicago Press, pp. 155-174.
- Bernard, Anne (1996), *IDRC Networks: An Ethnographic Perspective*, Ottawa, International Development Research Centre.
- Bernardes, A. y Albuquerque, E. (2003), “Cross-Over, Thresholds, and Interactions between Science and Technology: Lessons for Less-Developed Countries”, en: *Research Policy*, No. 32, pp. 865-885.
- Blair, Cameron (1999), “Evaluating Research and Development Performance”, en *Mem Desk Research*, Christchurch, University of Canterbury.
- Bozeman, B. (1993), “Peer Review and Evaluation of R&D Impacts”, en Bozeman, B. y Melkers, J. (edits.), *Evaluating R&D Impacts: Methods and Practice*, Boston, Kluwer Academic Publishers.
- Bronson Associates (1999), *A managers' guide for assessing the impact of science on policy development*, Ottawa, Natural Resources Canada.

- Brown, Martin (1995), *Cost/Benefit Analysis of Large Scale Sci&T Projects: Notes on Some Methodological Issues*, París, The OECD Forum.
- Calvert, J. y Martin, B. (2001), *Changing Conceptions of Basic Research*, Oslo, Workshop on Policy Relevance and Measurement of Basic Research.
- Capron, H., y Cincera M. (s. f.), *Assessing the Institutional set up of National Innovation Systems*, Bruselas, Universidad Libre de Bruselas.
- Carlsson, B. *et al.* (2002), "Innovation Systems. Analytical and Methodological Issues", en *Research Policy*, No. 31, pp. 233-245.
- Cassiman, B.; Pérez-Castrillo, D., y Veugelers, R. (2000), *Endogenizing Know-How Flows Through the Nature R&D Investment*, paper presented 1er World Congress of the Game Theory Society, Bilbao and the EARIC, Conference Lausanne.
- Charnes, A.; Cooper, W. W., y Ferguson, R. (1955), "Optimal Estimation of Executive Compensation by Linear Programming", en *Management Science*, No. 1, pp. 138-151.
- Coriat, B. y Weinstein, O. (2002), "Organizations, Firms and Institutions in the Generation of Innovation", en: *Research Policy*, No. 31, pp. 273-290.
- Cozzens, S. E. (1995), "Assessment of Fundamental Science programs in the Context of the Government Performance and Results Act (GPRA)", en *Rand Domestic Research Division Report*, Santa Monica (CA), Rand Corporation.
- Da Motta e Albuquerque y Tristao Bernardes (2001), "Cross-Over, Thresholds, and Interactions between Science and Technology: A Tentative Simplified Model and Initial Notes about Statistics from 120 Countries", texto para discusión No. 157, Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Ciências Económicas, Centro de Desenvolvimento e Planejamento Regional.
- Dixit, A. (2001), *Some Lessons from Transaction-Cost Politics for Less-Developed Countries*, Princeton, Princeton University.
- Englander, A. S.; Evenson, R., y Hanazaki, M. (1988), "R&D, Innovation and the Total factor Productivity Slowdown", en *OECD Econ. Stu.*, No. 11, pp. 8-42.
- Engle, R. F. y Granger, C. W. J. (1987), "Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing", en *Econometrica*, vol. 55, No. 2, pp. 251-276.
- Evenson, R. (1984), "International Invention: Implications for Technology Market Analysis", en Griliches, Zvi (edit.), *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 73-88.
- _____, Kortum, S. y Putnam J. (1988), *Estimating Patents by Industry using the Yale-Canada Patent Concordance*, Yale University, New Haven.
- Forero-Pineda, Clemente (2005), "Scenarios for the Future of Research in Developing Countries", en Bindé, J. (edit), *Knowledge Society and the Future of Science and Technology*, Paris, UNESCO. In print.
- Freeman, Chris (2002), "Continental, National and Sub-National Innovation Systems-Complementarity and Economic Growth", en *Research Policy*, No. 31, pp. 191-211.
- Godin, B. y Doré C. (2003), "Measuring the Impacts of Science: Beyond the Economic Dimension", Montreal, Canadian Science and Innovation Indicators Consortium.

- Granger, C. W. J. (1969), "Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods", en *Econometrica*, vol 37, No. 2, pp. 424-438.
- Griliches, Zvi (1990), "Patents Statistics as Economic Indicators: A Survey", en *Journal of Economic Literature*, vol. 28, No. 4, pp. 1661-1707.
- _____ (1984a), "Introduction", en Griliches, Zvi (edit.), *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago: The University of Chicago Press, pp. 1-20.
- _____ (1984), *R&D, Patents, and Productivity*. Chicago: The University of Chicago Press.
- _____; Nordhaus, W., y Scherer, F. M. (1989), "Patents: Recent Trends and Puzzles", en *Brooking Papers on Economic Activity. Microeconomics*, pp. 291-330.
- Harris, R. I. D. (1995), *Using Cointegration Analysis in Econometric Modeling*, London, Prentice Hall/Harvester Wheatsheaf.
- Hicks, Esther (1995), *Flows of Scientific Information: S/N, S/S, N/S*, The Netherlands, Faculty of Management and Organization, University of Groningen.
- Katz, Sylvan (2000), *Scale-Independent Indicators and Research Evaluation*, Brighton, SPRU, University of Sussex, Forthcoming *Science and Public Policy*.
- Kilpatrick, Henry (1998), *Some Useful Methods for Measuring the Benefits of Social Science Research*, Impact Assessment Discussion Paper No. 5, Washington.
- Kingsley, G. (1993), "The Use of Case Studies in R&D Impact Evaluations", en Bozeman, B. y Melkers, J. (edits.), *Evaluating R&D Impacts: Methods and Practice*, Boston, Kluwer Academic Publishers.
- Langford, Cooper (s. f.), *Measuring the Impact of University Research on Innovation, Science, Technology, and Society Program*. Calgary, Faculty of General Studies, University of Calgary.
- Link, Albert (1996), *Economic Impact Assessments: Guidelines for conducting and interpreting assessment studies*, Gaithersburg, National Institute of Standards and Technology.
- Lundvall, B. et al. (2002), "National Systems of Production, Innovation and Competence Building", en *Research Policy*, No. 31, pp. 213-231.
- Malerba, Franco (2002), "Sectoral Systems of Innovation and Production", en *Research Policy*, No. 31, pp. 247-264.
- Mansfield, E. (1991), "Academic Research and Industrial Innovation", en *Research Policy*, No. 20, pp. 1-12.
- _____ (1998), "Academic Research and Industrial Innovation: An Update of Empirical Findings", en *Research Policy*, No. 26, pp. 773-776.
- _____ y Lee, J.Y. (1996), "The Modern University: Contributor to Industrial Innovation and Recipients of Industrial R-D Support", en *Research Policy*, No. 25, pp. 1047-1058.
- Merewitz, L. y Sosnick, S. H. (1971), *The Budget's New Clothes*, Chicago, Markham Publishing Co.
- Mullin, J. et al. (2000), *Science, Technology, and Innovation in Chile*, Ottawa, IDRC.
- Nelson, R., y Nelson, K. (2002), "Technology, institutions, and innovation systems", en *Research Policy*, No. 31, pp. 265-272.

- Niosi, Jorge (2002), "National Systems of Innovations Are "X-Efficient" (and X-Effective). Why some are Slow Learners", en *Research Policy*, No. 31, pp. 291-302.
- OCDE (1997), *The Evaluation of Scientific Research: Selected Experiences*, Paris.
- Ohmae, K. (1990), *The Borderless World*, New York, Harper.
- OTAF (Office of Technology Assessment and Forecast) (1985), "Review and Assessment of the OTAF Concordance Between the U.S. Patent Classification and the Standard Industrial Classification System: Final Report", Washington, Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce.
- Pakes, Ariel (1981), *Patents, R&D, and the stock market rate of return*, Cambridge (Mass.), NBER.
- Pakes, A. y Griliches, Z. (1984), "Patents and R&D at the Firm Level: A First Look", en Griliches, Zvi (edit.), *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 21-54.
- Pakes, A. y Schankerman, M. (1984a), "The Rate of Obsolescence of Patents, Research Gestation Lags, and the Private Rate of Return to Research Resources", en Griliches, Zvi (edit.), *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago, The University of Chicago Press, pp. 55-72.
- _____ (1984b) "An Exploration into the Determinants of Research Intensity", en Griliches, Zvi (edit.), *R&D, Patents, and Productivity*, Chicago: The University of Chicago Press, pp. 209-232.
- Pavitt, Keith (2002), *Knowledge about Knowledge since Nelson & Winter: A Mixed Record*, Brighton, SPRU.
- Popper, S. W. (1995), *Economic Approaches to Measuring the Performance and Benefits of Fundamental Science*, Santa Monica, Rand Domestic Research Division Report.
- Rapini, M. S. (2000), *Uma investigação sobre a relação de Granger-causalidade entre ciência e tecnologia para países em catching up e para o Brasil*, monografía de graduación, Belo Horizonte, FACE-UFMG.
- Ryan, James (2002), *Synthesis Report of Workshop on Assessing the Impact of Policy-Oriented Social Science Research in Scheveningen, the Netherlands November 12-13, 2002*, Impact Assessment Discussion Paper No. 15, Washington.
- Salter, A. y Martin, B. (1999), "The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research: A Critical Review", Brighton, SPRU Electronic Working Paper Series.
- Sander, Cerstin (1998), "Development Research Impact: Reach", artículo para la presentación en el ICRAF International Workshop on Assessing Impacts in Natural Resource Management Research, Nairobi.
- Sanz Menéndez, Luis (2001), "Indicadores relacionales y redes sociales en el estudio de los efectos de las políticas de ciencia y tecnología", en *Cuadernos de Indicios*, No. 1, pp. 79-95.
- Sarafoglou, N. y Haynes, K. E. (1996), "University Productivity in Sweden: A Demonstration and Explanatory Analysis for Economics and Business Programs", en *The Annals of Regional Science*, No. 30, pp. 285-304.
- Schankerman M. y Pakes, A. (1986), "Estimates of the Value of Patent Rights in European Countries During the Post-1950 Period", en *The Economic Journal*, vol. 96, No. 384, pp. 1052-1076.
- Schmookler, Jacob (1966), *Invention and Economic Growth*, Cambridge, Harvard University Press.
- Smith, Vincent (1998), *Measuring the Benefits of Social Science Research*, Impact Assessment Discussion Paper No. 2, Washington.

- Swann, Meter (2003), "Funding Basic Research: When is Public Finance Preferable to Attainable Club Good Solutions?", en Geuna, A.; Salter, A., y Steinmueller, W.E. (edits.), *Science and Innovation: Rethinking the Rationales for Funding and Governance*, Cheltenham, Edward Elgar Publishing Incorporated.
- Toole, Andrew (2000), "The Impact of Public Basic Research on Industrial Innovation: Evidence from de Pharmaceutical Industry", Stanford, SIEPR.
- Velho, L. (1987), "The Author and the Beholder: How Paradigm Commitments can Influence the Interpretation of Research Results", en *Scientometrics*, No. 11, pp. 59-70.
- Viotti, E. B. (1997), *Passive and Active National Learning Systems*, Ph D. Dissertation, New York, New School for Social Research.
- Yin, R. K. (1989), *Case Study Research: Design and Methods*, Newbury Park, Sage Publications.