

Parte I

Capítulo 3

Recuento crítico de la literatura sobre los impactos de la investigación y sus indicadores

*Por Jorge Andrés Zambrano,
Hernán Jaramillo Salazar,
Clemente Forero Pineda*

El presente capítulo se centra en el estudio de los impactos sociales de la investigación y en la medición de estos impactos. 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 literatura existente sobre las formas de medir los impactos de la investigación a través de indicadores.

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 contribuyen a la construcción de un sistema, y el sistema en su conjunto es el que puede impactar en la sociedad. Los sistemas de innovación se deben entender como las instituciones, incentivos y competencias que influyen la generación, difusión y aplicación del conocimiento¹.

Los sistemas están hechos de componentes, relaciones y atributos. Los componentes se definen como las partes operantes del sistema. Pueden ser actores, artefactos físicos o tecnológicos e incluso instituciones. Las relaciones son definidas como

¹ Ver Carlsson, et al., (2002)

los enlaces entre los componentes. Los atributos se entienden como las propiedades de los componentes y las relaciones entre ellos.

Carlsson et al. (2002) sugiere 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. Es por esto que en su artículo se ocupan de trabajar tres aspectos en especial. El primero de ellos consiste en determinar cuál es el nivel apropiado de análisis 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 él. 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 al nivel del sistema y no al nivel de los componentes.

A propósito del primer aspecto, Malerba (2002)² 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 (2002)³ argumenta 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. En la ciencia consolidada los resultados son previsible 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.

En la ciencia emergente la difusión del conocimiento no puede suponerse gratuita. Los científicos deben hacer grandes esfuerzos para consolidar un tema de investigación.

² Ver Malerba (2002), p. 248.

³ Ver Lundvall et al. (2002), p. 213.

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 comparten características de estos dos estados. Por una parte, los investigadores deben hacer esfuerzos para consolidar una línea de investigación. Según Forero (2003) la rareza y espaciamiento de la infraestructura implica considerables costos para la réplica de resultados. Pero por otro lado los resultados esperados de las actividades científicas son previsible 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 ”⁴. 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 por qué existen países que son 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 desarrollo⁵ 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 países⁶. 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. Es

⁴ Ver Niosi (2002)

⁵ Ver Dixit (2001)

por eso que Freeman afirma que la gran divergencia en las tasas de crecimiento debe ser atribuida a la presencia o ausencia de la capacidad social de crear cambios institucionales, sobretudo si estos cambios facilitan y estimulan una tasa alta de cambio técnico, es decir, cambios que afecten positivamente los sistemas de innovación⁷. En su artículo, se centra en ejemplos de países que han formado grandes brechas en su desarrollo económico frente a los demás países 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 Korea 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 sugiere que a partir de la revolución industrial de Inglaterra los sistemas nacionales de innovación emergieron⁸. 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. Además⁹, instituciones como el espíritu científico y el apoyo a la invención técnica también contribuyeron al crecimiento económico de esta nación. Sin embargo¹⁰, la desaceleración evidenciada en el siglo XX por parte de Inglaterra se debió a una relativa rigidez de algunas estructuras organizacionales en comparación con la informalidad de sus instituciones.

Por su parte¹¹, Estados Unidos fue favorecido por 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. 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 éste siglo ya

⁶ Ver Freeman (2002)

⁷ Ver Freeman (2002), p. 192.

⁸ Ver Freeman (2002), p. 206.

⁹ Ver Freeman (2002), p. 199.

¹⁰ Ver freeman (2002), p. 193.

¹¹ Ver Freeman (2002), p.199.

habían desarrollado nuevos procesos y nuevos productos en la mayoría de las industrias, y ahora estas eran más productivas que las británicas.

Sin embargo¹² 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 ésta economía esclavista, pero fue en el periodo 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”. Lo anterior muestra el caso en donde un subsistema nacional retarda el crecimiento económico de un país, y cómo un cambio institucional como la abolición de la esclavitud afectó positivamente este crecimiento, no sin dejar problemas económicos y sociales que aún persisten hasta hoy.

En la opinión de Viotti (1997)¹³, 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, esta clase de innovaciones son más difíciles de hacer para las economías en desarrollo del siglo XX, por lo tanto, estas se dedican a la imitación y al aprendizaje.

Los sistemas de innovación pueden dividirse en sistemas de aprendizaje pasivos y 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 esto¹⁴ ha sido de vital importancia el énfasis del papel que juegan las políticas activas a un nivel tanto nacional como de firmas en la importación, mejoramiento y adaptación de la tecnología como una característica importante de un desarrollo exitoso.

Freeman identifica a Brasil como una economía estática a escala a la que se llega simplemente construyendo una gran planta, mientras que las economías a escala dinámicas (Korea del Sur) dependen positivamente de políticas de aprendizaje activas y de actividades de ingeniería.

¹² Ver Freeman (2002), p.199.

¹³ Ver Freeman (2002), p. 200.

¹⁴ Ver Freeman (2002), p. 204.

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 veces¹⁵.

Sin embargo¹⁶, la crisis económica mundial sufrida a finales de la década de los 90's 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”.

2. Visión Institucionalista de los Sistemas de Innovación

Una buena parte de la nueva literatura, comúnmente llamada como teoría evolutiva¹⁷, ha enfocado el análisis de los sistemas de innovación y su impacto desde una perspectiva institucional,. Esta visión resulta de integrar el enfoque organizacional comúnmente adoptado, con el contexto institucional de las firmas. De acuerdo con Coriat et al (2002) la perspectiva organizacional enriquece los enfoques tradicionales de la firma y sus procesos de innovación en el trabajo dentro de la firma, sin embargo este autor la considera 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”¹⁸.

Sin embargo, el enfoque meramente macro-institucional también tiene sus problemas. Este enfoque debe suponer una firma representativa y esto hace que sea incapaz

¹⁵ Ver Freeman (2002), p. 205.

¹⁶ Ver Freeman (2002), p. 205.

¹⁷ Ver ASIF (2002)

¹⁸ Ver Coriat y Weinstein (2002), p. 288.

de proveer las herramientas analíticas para estudiar las distintas decisiones organizacionales de innovación que explican buena parte de las ventajas comparativas¹⁹.

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. 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 co-evolución de las organizaciones y las instituciones²⁰.

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 co-evolución de estas tecnologías es lo que genera un impacto sobre el crecimiento económico²¹.

En el proyecto desarrollaremos este enfoque alrededor de las 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 Impactos de la Investigación

Las evaluaciones de impacto de la investigación deben considerarse como una ayuda para hacer política y administrar los diferentes niveles de los sistemas de investigación. Kilpatrick²² sugiere que el primer paso a dar para la evaluación es la replicación de estudios originales. Según él, “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”²³. Por lo tanto este debe ser el primer paso para establecer los beneficios de un trabajo particular o de un grupo de

¹⁹ Ver Coriat y Weinstein (2002), p. 274.

²⁰ Ver Coriat y Weinstein (2002), p. 285.

²¹ Ver Nelson y Nelson (2002), p. 271.

²² Ver Kilpatrick (1998), p. 4.

²³ Ver Kilpatrick (1998), p. 4.

estudios. Sin embargo, hay quienes afirman que la replicación es una forma de investigación y no de evaluación²⁴.

En general, la replicación de estudios reafirma los resultados del trabajo original. Además proveen evidencia sobre si los procedimientos descritos en el artículo fueron llevados a cabo. Distintos procedimientos pueden ponerse en marcha en adición a los 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. 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 metodología²⁵.

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*²⁶. Kilpatrick (1998)²⁷ sostiene que estos retornos de la investigación deben ser evaluados *ex ante* y *ex post*. Una evaluación *ex ante* de los beneficios potenciales de la investigación se necesita para determinar si esta debe ser financiada. Las evaluaciones *ex post* se necesitan para determinar si se debería financiar investigación adicional. Estas últimas deben estar basadas sobre los programas de la evaluación que se ejecutan como resultado de la investigación.

²⁴ Aunque esta forma de investigación se deja a los estudiantes y los *journals* no se interesarán en publicarla.

²⁵ Ver Kilpatrick (1998), p. 8.

²⁶ Ver Brown (1995), p.42.

²⁷ Ver Kilpatrick (1998), p. 1.

Sin embargo, problemas como la cuantificación de los beneficios y costos puede ser sobreestimada o incompleta. De igual forma, las externalidades son difíciles de estimar 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 conseguir información para la valoración de la investigación. Esta es una forma costosa de análisis²⁸ pues involucra encuestas y el diseño del cuestionario. Una posible solución es concentrar la población en grupos pues sería menos costoso²⁹, pero la selección de los participantes no necesariamente será aleatoria y el resultado será difícil de presentarlo sistemáticamente.

Otro de los problemas que presenta es que existe un conflicto de intereses inherente entre los encuestados. Si los usuarios se benefician de la investigación expresarán satisfacción para mantener el flujo de beneficios³⁰. Salter y Martín 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 tecnología³¹. 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, estos 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 investigación³² es a través de estudios de caso³³. Los estudios de casos son una poderosa herramienta para examinar directamente el proceso de innovación y las raíces históricas de una tecnología particular³⁴. Estos utilizan datos históricos comparativos con el fin de entender el comportamiento en detalle del objeto de estudio, un análisis que puede ser mejor que uno estadístico³⁵. Un estudio de caso ejemplar debe ser significativo. Debe contener toda la información

²⁸ Ver Kilpatrick (1998), p. 7.

²⁹ Ver Kilpatrick (1998), p. 7.

³⁰ Ver Cozzens (1995), p. 35.

³¹ Ver Salter y Martin (1999), p.7.

³² Más aún si se quiere evaluar la productividad de los factores.

³³ Ver Smith (1998), p.

³⁴ Ver Salter y Martin (1999), p.7.

relevante necesaria. Además debe considerar perspectivas alternativas. También debe mostrar suficiente evidencia y debe estar presentada en forma encadenada.

Por último, el estudio de caso debe ser atractivo³⁶. Un buen caso de estudio debe examinar cómo la investigación fue trasladada a política y cómo la política luego cumple las metas de la investigación³⁷. Para esto es necesario ser específico en la pregunta de la investigación³⁸, desarrollar una explicación del por qué se utilizaron los métodos y por qué estos métodos son útiles para las necesidades de la evaluación.

La selección de los casos debe ser escogida al azar. No debe haber ningún criterio de conveniencia para asegurar que las estimaciones de los beneficios de la investigación derivados del análisis de esos casos de estudios sean estadísticamente representativas. Kingsley (1993) sugiere que los casos de estudio examinen tanto proyectos exitosos como los no exitosos.

Los estudios de caso generalmente complementan los hallazgos de los estudios econométricos y de las encuestas. Sin embargo, los estudios de casos son costosos de administrar, pueden tomar un largo tiempo para analizar y proporcionan una visión estrecha de la realidad. Yin³⁹ 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 bibliometría⁴⁰ o la medición del material publicado como citas y publicaciones. Esta se utiliza como una proxy para medir los retornos del gasto en investigación y desarrollo y para evaluar la infraestructura científicos. 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 literatura particular y la relevancia de un artículo o estudio al trabajo de un investigador.

³⁵ Ver Kilpatrick (1998), p.6.

³⁶ Ver Yin (1989), p. 146-151.

³⁷ Ver Kilpatrick (1998), p. 7.

³⁸ Ver Kingsley (1993), p. 36.

³⁹ Ver Yin (1989), p. 21-22.

⁴⁰ Ver Kilpatrick (1998), p. 5.

Este método⁴¹ puede medir varios aspectos cuantitativos de las publicaciones. El número de citas de un autor. Las tasas de crecimiento de la literatura en revistas. El retardo en la recepción, aceptación y publicación de la investigación. Patrones de producción en literatura científica. Además puede exhibir las conexiones entre distintos agentes que participan en los sistemas de innovación. Por ejemplo⁴², los estudios bibliométricos muestran la importancia de la universidad en indicadores sobre las actividades de innovación formales como las patentes.

El problema de la bibliometría es que no puede medir calidad. Tampoco es conciente de que una publicación es más importante en algunas disciplinas que en otras⁴³. Y quizá el problema más grande de este método para nuestro objetivo es que no mide los beneficios que deja a la sociedad.

Esta última dificultad se percibe también en las evaluaciones hechas por pares. Ésta evaluación de la investigación es la más ampliamente utilizada en el mundo⁴⁴ e incluso la primera en aplicarse⁴⁵. Provee los medios cuantitativos de medición del producto⁴⁶ pero al igual que la bibliometría debe complementarse con otro sistema de evaluación pues por sí solo no puede medir los beneficios sociales de la investigación.

Un método alternativo es el análisis de regresión. Popper (1995) propone 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 muestran que estos son difíciles de encontrar, particularmente en la investigación en ciencias sociales.

Técnicas de modelación de investigación de operaciones también se han usado para evaluar programas⁴⁷. La programación lineal es una metodología cuantitativa que usa modelación matemática de optimización restringida. Se usa para encontrar una solución óptima dada una serie de restricciones.

⁴¹ Ver Sarafoglou y Haynes (1996), p. 288.

⁴² Ver Langford, p. 1-2.

⁴³ Ver Cozzens (1995), p. 27.

⁴⁴ Ver Cozzens (1995), p.29.

⁴⁵ Según Bozeman (1994, p. 80) se utilizó en 1665.

⁴⁶ Ver Kilpatrick (1998), p. 6.

⁴⁷ Ver Kilpatrick (1998), p. 10.

Además de la programación lineal existen métodos como el *goal programming* y el análisis envolvente de datos (DEA). Este último estima 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.

Goal Programmig es un modelo de investigación de operaciones de criterio múltiple para la toma de decisiones⁴⁸. 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.

Un método utilizado por varias ciencias aplicadas es la simulación⁴⁹. Puede ser útil para evaluar la investigación cuando se sospecha que los datos siguen algún proceso y estos son difíciles de modelar. La simulación sirve para determinar el nivel de 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 refleja la realidad potencial pero no mide las circunstancias actuales. Sería conveniente para saber hasta donde 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 han sido tomados de otros campos como el de evaluación de programas, que son posibles de 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 en el feedback y 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 valorar su impacto.

Las anteriores limitaciones nos llevan a plantear una serie de condiciones deseadas para los sistemas de evaluación de impacto. Para ser exitoso, un sistema de evaluación debe

⁴⁸ Ver Charnes et al. (1955)

⁴⁹ Ver Kilpatrick (1998), p. 11.

definir los objetivos de la medición y los factores de contingencia que requiere tener en cuenta. Esto permite escoger los mejores parámetros de diseño⁵⁰.

“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”⁵¹. Por ejemplo en el caso de la universidad, la evaluación debe tener en cuenta otras funciones de la universidad como la enseñanza y la capacitación, transferencia de conocimiento a otros sectores, conectividad internacional, e 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 los impactos que 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 reducen⁵².

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 juegan las instituciones. Para sostener una red se necesita su institucionalización. Las redes crean una institución al definir el comportamiento entre los miembros de la red 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

⁵⁰ Ver Blair (1999), p. 3.

⁵¹ Ver OCDE (1997), p. 9-10.

⁵² Ver Bronson Associates (1999), p. 10.

sólidas en comunidades locales, tienden a ser más sostenibles y a tener un mayor impacto⁵³. Las redes pueden permitir que los individuos y las instituciones salten de los sistemas de innovación débiles hacia vínculos con estudios y recursos externos⁵⁴. 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”⁵⁵.

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 literatura como lo sugiere Godin y Doré (2003). Su impacto de largo plazo y su alto 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.

La primera metodología es la econometría. El impacto se puede calcular evaluando los beneficios económicos que la ciencia arroja. Estos han sido estimados mediante regresiones econométricas que sugieren que tales beneficios son sustanciales, resaltando 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 sobre industria farmacéutica en donde un aumento del 1% en el stock de investigación básica pública lleva a incrementos del orden del 2% en el número de nuevos productos en el mercado⁵⁶. Más aún, existen trabajos que intentan medir la tasa de retorno de la investigación básica. Mansfield (1998) estimó esta tasa cercana al 28%.

⁵³ Ver Bernard (1996), p. 28.

⁵⁴ Ver Bernard (1996), p. 29.

⁵⁵ Ver Hicks (1995), p. 2, 3.

⁵⁶ Ver Toole (2000), p.5.

Por otro lado, Arora y Gambardella han hecho estudios aplicados a entidades públicas que financian la investigación básica como el caso de la NSF a través de los *grants*. Estos concluyen que estas ayudas son consideradas como simples rentas y no dan ganancias en productividad⁵⁷.

Estos resultados son aparentemente contradictorios. 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. El segundo de ellos estudia 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”⁵⁸. Sin embargo, estas soluciones aún son muy raras de encontrar y por tanto difícil de estudiarlas 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 esto 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. La investigación derivada de ésta es una fuente de ideas innovadoras en las firmas. Por otro lado, se han utilizado encuestas donde científicos y ejecutores de política definen la investigación básica. Allí describen los beneficios de ésta y plantean los desafíos que la investigación básica esta enfrentando en el ambiente de la investigación⁵⁹.

De estas dos metodologías se concluye que los beneficios de la inversión pública en investigación básica pueden tomar muchas formas: incrementando el stock de conocimiento útil; capacitando graduados calificados; creando nueva instrumentación científica y metodologías; formando redes y estimulando la interacción social; incrementando la capacidad de solución de problemas científicos y tecnológicos; creando

⁵⁷ Ver Arora y Gambardella (1998), p. 3.

⁵⁸ Ver Swann (2002), p.1.

⁵⁹ Ver Calvert y Martin (2001).

nuevas firmas. La importancia relativa de estas diferentes formas de beneficios varía según el campo científico, la tecnología y el sector industrial.

De esta clase de trabajos se pueden concluir importantes implicaciones para la política. Las políticas deben asegurar que la investigación básica esté integrada con la capacitación de estudiantes graduados⁶⁰. Las *grants* de investigación deben incluir recursos adecuados para acceder a la última instrumentación, para desarrollar facilidades experimentales y nuevas metodologías, y para financiar técnicos que asistan en estas tareas⁶¹. Las políticas deben estar dirigidas hacia incrementar el 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 “free riders” en el sistema científico mundial. Las naciones necesitan un enfoque de portafolio para la financiación pública de la investigación básica⁶².

6. Indicadores

En los últimos años la importancia de medir los impactos de la investigación ha sido un tema altamente 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 , estos no son apropiados para países en desarrollo como Colombia. Es por esto que 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 son divididos en 11 dimensiones, siendo estas: ciencia, tecnología, economía, cultura, sociedad, política, organización, 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 este será el documento principal que seguiremos en la descripción de los

⁶⁰ Ver Salter y Martin (1999), p. 21.

⁶¹ Ver Salter y Martin (1999), p. 22.

⁶² Ver Salter y Martin (1999), p. 32.

indicadores⁶³. El impacto sobre la ciencia se da cuando⁶⁴ “...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) también han definido subdimensiones de la ciencia, estas son los avances en el conocimiento, las actividades de la investigación y el aprendizaje de los investigadores.

Es por esto que 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 curriculums, herramientas pedagógicas, calidad, entrada a la fuerza de trabajo y el uso del conocimiento adquirido. Sin embargo está estrechamente unida a la ciencia, por esto se tomará como una sola dimensión.

Para la medición de este impacto el indicador más comúnmente utilizado son las publicaciones⁶⁵. Según Tristao Bernardes y Da Motta e Albuquerque (2001)⁶⁶ 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 tomarse como un indicador de la situación general de las condiciones educativas del país y de su utilidad para el desarrollo económico”.

El número de citas⁶⁷ también se ha usado desde hace más de 30 años para medir el impacto de las publicaciones científicas en otros investigadores. Otros⁶⁸ 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. También se han

⁶³ Muchos de los indicadores serán citados, sin embargo para un conocimiento exacto de estos remitánse al artículo de Godin y Doré.

⁶⁴ Ver Godin y Doré (2003), p. 5.

⁶⁵ Una buena revisión de los pros y contras de los artículos como proxy de la infraestructura científica puede encontrarse en Velho (1987).

⁶⁶ Ver página 5

⁶⁷ Ver Godin y Doré (2003), p. 2.

utilizado las coautorías y la clase de journals donde se publican para caracterizar la interdisciplinariedad, interseccionalidad e internacionalización.

La segunda dimensión referida al impacto tecnológico, es apreciable en las innovaciones de producto, procesos y servicios así como en el “know-how” adquirido. En cuanto a la tercera dimensión (el impacto económico), Godin y Doré se refieren a esta como aquel impacto que afecta la situación presupuestaria de una organización, fuentes del financiamiento, inversiones, actividades de producción y el desarrollo de los mercados. Sin embargo esta 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 organizacional⁶⁹. 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, estas tienen serias falencias. Con las patentes⁷⁰ se quisiera medir y entender mejor el proceso económico que lleva a la reducción de los costos de producción existentes y el desarrollo de nuevos productos y servicios. También 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, p. 1666) argumenta que los dos problemas más grandes al usar las patentes para el análisis económico es su clasificación y su variabilidad intrínseca. El primer problema nace de preguntarse cómo asignar las patentes organizadas por firmas o por clases de patentes en 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 corrientes⁷¹.

⁶⁸ Ver este tema en varios de los trabajos de Mansfield.

⁶⁹ Ver Godin y Doré (2003)

⁷⁰ Ver Griliches (1990), p. 1669).

⁷¹ Ver Schmookler (1966), OTAF (1985), el anexo de Englander et al. (1988), Evenson et al. (1988), Kortum y Putnam (1989). También se encuentran varios estudios del Grupo de NBER.

El segundo problema responde al hecho de que las patentes difieren considerablemente en su significancia técnica y económica. Muchas de ellas reflejan pequeñas mejoras a productos ya existentes mientras otras representan cambios radicales en las formas de producción. Además, muchas invenciones no son patentables y muchas no se patentan. Mas 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 nivel gasto en investigación y desarrollo de un futuro.

Aquí nace un tercer problema, existen distintas series de patentes. Según Griliches (1990, p. 1695), 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 evidencia empírica, más exactamente de la disminución en la aplicación de patentes en Estados Unidos presenciada en la postguerra. Schmookler (1966) afirmó que esta disminución de aplicaciones se debió a) al cambio en el clima político y judicial después de los 30's, pues este 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, p. 1696) argumenta que la disminución de la aplicación 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 aumento contribuyó a la disminución considerable en la aplicación por parte de inventores "independientes" y a que las firmas aplicarán solamente cuando el valor potencial de una invención fuera más alto. Esto implica que la disminución de aplicación de patentes por residentes que se evidenció después de la Segunda Guerra Mundial no sea equivalente a una disminución de la actividad tecnológica. Es por esto que para medir la capacidad tecnológica de un país es necesario tener en cuenta el total de aplicaciones.

Ahora bien, existen otros determinantes de las solicitudes. La escogencia del país para la solicitud de patentes 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 protege⁷².

En general⁷³, la solicitud de una patente se lleva a cabo cuando el valor esperado de recibir la patente excede el costo de aplicarla. El valor esperado de la patentes 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 las condiciones económicas de este⁷⁴. 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 los recursos de las oficinas de patentes⁷⁵. Por ejemplo, el éxito de obtener la patente⁷⁶ en Estados Unidos en 1965 era de 58% y de obtenerla en 1967 era de 72%. Para Francia era del 90% a mediados de 1970, cerca del 80% en Inglaterra y del 35% en Alemania. Lo anterior implica que la calidad de las patentes que lograron su aprobación cambia entre países y entre periodos.

La tasa a la que se otorgan patentes a nacionales también varía entre países⁷⁷. Para países con economías planificadas y para Estados Unidos esta tasa oscila entre el 75%. Mientras que para países subdesarrollados esta tasa disminuye al 15%. Esta relación representa el nivel 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”⁷⁸.

⁷² Por ejemplo en los ochentas, Alemania Occidental recibía una gran aplicación de modelos de utilidad por parte de no residentes cuyos países aún no los reconocían como invenciones.

⁷³ Ver Griliches (1990), p. 1690.

⁷⁴ Ver Griliches (1990), p. 1663.

⁷⁵ Ver Griliches (1990), p. 1663.

⁷⁶ Ver tabla 1 de Schankerman y Pakes (1986).

⁷⁷ Ver Evenson (1984), p.98.

⁷⁸ Ver Griliches (1990), p. 1663.

Por las anteriores razones las patentes parecen ser un buen indicador para usar aunque no se puede considerar como el único. Godin y Doré⁷⁹ proponen otros indicadores para medir el impacto tecnológico-económico. Entre estos están el valor de las ventas y de los bienes, el número de usuarios y la 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 nivel de financiamiento a través del mercado accionario; el valor de los contratos y 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, y 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, la asignación del personal, la adquisición de técnicas avanzadas de producción, el grado de especialización de los trabajos, el número y el valor de los computadores en la empresa. Las condiciones en el trabajo y las habilidades de los trabajadores también son indicadores importantes.

Las siguientes dimensiones son aún más intangibles y por lo tanto más difíciles de medir. El impacto de la cultura se define como⁸⁰ “el entendimiento público de la ciencia ... (es decir) ...el impacto en el conocimiento y el entendimiento del individuo de las ideas y la realidad”. Entre los indicadores⁸¹ medibles que se desarrollaron para medir 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. El número de visitantes a museos de ciencia y tecnología.

Otra clase de indicadores pueden desarrollarse pero suelen ser muy difíciles de medir, entre estos están el nivel 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.

⁷⁹ Ver página 28.

⁸⁰ Ver Godin y Doré (2003), p. 6.

⁸¹ Ver Godin y Doré (2003), p. 31.

Una quinta dimensión se refiere al impacto en la sociedad⁸². Esta 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”. Para las personas el impacto social comprende el bienestar, la calidad de vida, las costumbres y 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, el compromiso entre las asociaciones que trabajan en cuestiones científicas.

El impacto político se refiere a aquel impacto que el conocimiento puede tener en los “policymakers” 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, la estandarización de las políticas. La presentación de documentos por los ciudadanos a comisiones del legislativo. La participación de ciudadanos en asambleas. Un nuevo interés o actitud por parte de los tomadores de decisiones hacia cuestiones de interés público.

En esta dimensión vale la pena agrupar con el impacto político la dimensión correspondiente a la salud y la dimensión ambiental. El primero se refiere al impacto de la investigación en salud pública y en el sistema de salud. Para medir este impacto 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. El segundo estudia el impacto de administrar los recursos naturales y la contaminación ambiental, así como la investigación referente al clima y la meteorología.

La décima dimensión, relativa 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 por ejemplo cuando los actores observan sus alianzas con institutos de investigación u observan la inversión en investigación y desarrollo que realiza la firma. Estos beneficios pueden ser traducidos en credibilidad y se pueden medir mediante indicadores tales como las invitaciones a participar o liderar foros, premios y títulos, promociones o nominaciones.

⁸² Ver Godin y Doré (2003), p. 7.

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 literatura. Algunos autores⁸³ critican los indicadores utilizados actualmente porque no tienen en cuenta la no linealidad entre el tamaño y el rendimiento de una institución. Es por eso que se han desarrollado una nueva clase de indicadores escalar-independientes. Estos 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. Estos se basan en el análisis estructural y de redes sociales. 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 redes⁸⁴.

Para que la evaluación de una red sea más efectiva se deben tener en cuenta indicadores de la formación de redes que midan⁸⁵:

- 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 han preparado indicadores que miden la instalación institucional de los sistemas de innovación basados en criterios

⁸³ Ver Katz (2000), p. 3.

⁸⁴ Ver Sanz Menéndez (2001), p. 1.

⁸⁵ Ver Sanz Menéndez (2001)

como la comparabilidad de resultados entre países, representatividad de resultados en el perfil institucional de los países, asuntos de medición de la instalación institucional y consistencia del enfoque de acuerdo con el concepto de instituciones⁸⁶.

Tenemos un panorama de lo que ha sido la literatura sobre impactos y sus indicadores. Apoyándonos en esta literatura sobre 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 de allí un sistema de indicadores para la medición de estos impactos.

⁸⁶ Ver Capron y Cincera, p. 1.

Bibliografía

- Abramovitz, M.A, David P.A. “Convergence and deferred catch-up: Productivity Leadership and the Waning of American Exceptionalism”. CEPR Publication No 401. Stanford University, Stanford, 1994.
- Collins, Harry. *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*. Beverly Hills, CA: Sage Publications, 1985.
- Callon, Michel. “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*. Michel Callon, Cohendet, Curien, Dalle Eymard-Duvernay, Foray & Schenk. Paris: Economica, 1999. 13-64.
- Abramovitz, M.A. “Catching up, forging ahead and falling behind”. *Journal of Economic History*, no 46 (1986): 385-406.
- Aghion, P y Howitt, P. *Endogenous Growth Theory*. Cambridge, Mass.: MIT
- Arora, A. y Gambardella, A. “The Impact of NSF Support for Basic Research in Economics”. 1998.
- ASIF Team. *Assessing the Socio-economics Impacts of the Framework Programme*. Manchester: PREST, University of Manchester, 2002.
- Banze, C. E. “A especificidade e a diversidade do continente africano: uma sugestão inicial de tipologias de sistemas nacionais de inovação”. Monografia de Graduação, Belo Horizonte, FACE-UFMG, 2000.
- Beggs, J. “Long-Run Trends in Patenting”. En *R&D, Patents, and Productivity*. Zvi Griliches, editor. Chicago y London: The University of Chicago Press, 1984. 155-174.
- Bernard, Anne. “IDRC Networks: An Ethnographic Perspective”. International Development Research Centre, 1996.
- Bernardes, A. y Albuquerque, E. “Cross-over, thresholds, and interactions between science and technology: lessons for less-developed countries”. *Research Policy* 32 (2003): 865-885.

- Blair, Cameron. “Evaluating research and development performance”. Mem Desk Research, 1999.
- Bozeman, B. “Peer review and evaluation of R&D impacts”. En *Evaluating R&D impacts: Methods and practice*. B. Bozeman y J. Melkers, editores. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 1993.
- Brown, Martin. “Cost/benefit analysis of large scale S&T projects: notes on some methodological issues”. Trabajo para Megascience: The OECD Forum, París, 1995.
- Calvert, J., y Martin, B. “Changing conceptions of basic research”. Documento para el Workshop on Policy Relevance and Measurement of Basic Research, Oslo, 2001.
- Capron, H., y Cincera M. “Assessing the institutional set up of national innovation systems”. Universidad Libre de Bruselas, Bruselas.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M. y Rickne, A. “Innovation systems. Analytical and methodological issues”. *Research Policy*, no. 31 (2002): 233-245.
- Cassiman, B. Perez-Castrillo, D. y Veugelers, R. “Endogeneizing 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, 2000.
- Charnes, A., Cooper W. W. y Ferguson R. “Optimal estimation of executive compensation by linear programming”. *Management Science* 1, (1955): 138-151.
- Coriat, B., y Weinstein, O. “Organizations, firms and institutions in the generation of innovation”. *Research Policy*, no. 31 (2002): 273-290.
- Cozzens, S. E. “Assessment of Fundamental Science programs in the Context of the Government Performance and Results Act (GPRA)”. Rand Domestic Research Division Report. Santa Monica, CA: Rand Corporation, 1995.
- Da Motta e Albuquerque y Tristao Bernardes. “Cross-over, thresholds, and interactions between science and technology: a tentative simplified model and initial notes about statistics from 120 countries”. Texto para discussion No. 157, Universidade Federal De Minas Gerais, Faculdade De Ciências Económicas, Centro De Desenvolvimento E Planejamento Regional, Belo Horizonte, 2001.
- Dixit, A. “Some Lessons from Transaction-Cost Politics for Less-Developed Countries”. Working paper, Princeton University, 2001.

- Englander, A.S, Evenson, R. y Hanazaki, M. “R&D, Innovation and the Total factor Productivity Slowdown”. *OECD Econ. Stu.* 11, (1988): 8-42.
- Engle R. F. y Granger C. W. J. “Co-Integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing. *Econometrica* 55, no. 2 (1987): 251-276.
- Evenson, R. “International Invention: Implications for Technology Market Analysis”. En *R&D, Patents, and Productivity*. Zvi Griliches, editor. Chicago y London: The University of Chicago Press, 1984. 73-88.
- Freeman, Chris. “Continental, national and sub-national innovation systems-complementarity and economic growth”. *Research Policy*, no. 31 (2002): 191-211
- Godin, B. y Doré C. “Measuring the Impacts of Science: Beyond the Economic Dimension”. 2003
- Granger C. W. J. “Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-spectral Methods”. *Econometrica* 37, no. 2 (1969): 424-438.
- Griliches, Z., Nordhaus W. y Scherer F. M. “Patents: Recent Trends and Puzzles”. *Brooking Papers on Economic Activity. Microeconomics* 1989 (1989): 291-330.
- Griliches, Zvi. “Introduction”. En *R&D, Patents, and Productivity*. Zvi Griliches, editor. Chicago y London: The University of Chicago Press, 1984. 1-20.
- Griliches, Zvi. “Patents Statistics as Economic Indicators: A Survey”. *Journal of Economic Literature* 28, no. 4 (1990), 1661-1707.
- Griliches, Zvi. *R&D, Patents, and Productivity*. Editor. A NBER Conference Report. Chicago y London: The University of Chicago Press, 1984.
- Harris, R.I.D. *Using Cointegration Analysis in Econometric Modeling*. Prentice Hall, 1995.

- Hicks, Esther. Flows of Scientific Information: S/N, S/S, N/S Working Paper. Faculty of Management and Organization, University of Groningen, The Netherlands, 1995.
- Katz, Sylvan. "Scale-Independent Indicators and Research Evaluation". Paper No. 41, SPRU, University of Sussex, forthcoming *Science and Public Policy*, Brighton, 2000.
- Kilpatrick, Henry. "Some Useful Methods for Measuring the Benefits of Social Science Research". Impact Assessment Discussion Paper No. 5, Washington, 1998.
- Kingsley, G. "The Use of Case Studies in R&D Impact Evaluations". En *Evaluating R&D Impacts: Methods and Practice*. B. Bozeman y J. Melkers, editores. Boston, MA: Kluwer Academic Publishers, 1993.
- Langford, Cooper. "Measuring the Impact of University Research on Innovation". Science, Technology, and Society Program. Faculty of General Studies, University of Calgary, Calgary.
- Link, Albert. "Economic Impact Assessments: Guidelines for conducting and interpreting assessment studies". 1996.
- Lundvall, B., Johnson, B., Andersen, E., Dalum, B. "National systems of production, innovation and competence building". *Research Policy*, no. 31 (2002): 213-231.
- Malerba, Franco. "Sectoral systems of innovation and production". *Research Policy*, no. 31 (2002): 247-264.
- Mansfield E. (1998), 'Academic Research and Industrial Innovation: an Update of Empirical Findings', *Research Policy*, 26, pp. 773-776.
- Merewitz, L. y Sosnick S. H. "The Budget's New Clothes". Chicago: Markham Publishing Co, 1971.
- Mullin, J., Adam, R., Halliwell, J., Milligen, L. "Science, Technology, and Innovation in Chile". Publicado por IDRC, 2000.
- Nelson, R., y Nelson K. "Technology, institutions, and innovation systems". *Research Policy*, no.31 (2002): 265-272.

- Niosi, Jorge. “National systems of innovations are “x-efficient” (and x-effective). Why some are slow learners”. *Research Policy*, no. 31 (2002): 291-302.
- OCDE. “The evaluation of scientific research: selected experiences”. París, 1997.
- Ohmae, K.. “The Borderless World. Harper”. New York, 1990.
- Pakes, A. y Griliches, Z. “Patents and R&D at the Firm Level: A First Look”. En *R&D, Patents, and Productivity*. Zvi Griliches, editor. Chicago y London: The University of Chicago Press, 1984. 21-54.
- Pakes, A. y Schankerman, M. “The Rate of Obsolescence of Patents, Research Gestation Lags, and the Private Rate of Return to Research Resources”. En *R&D, Patents, and Productivity*. Zvi Griliches, editor. Chicago y London: The University of Chicago Press, 1984. 55-72.
- Pakes, A. y Schankerman, M.. “An Exploration into the Determinants of Research Intensity”. En *R&D, Patents, and Productivity*. Zvi Griliches, editor. Chicago y London: The University of Chicago Press, 1984. 209-232.
- Pakes, Ariel. “Patents, R&D, and the stock market rate of return”. NBER Working Paper no. 786, Cambridge, Mass: NBER, 1981.
- Pavitt, Keith. “Knowledge about knowledge since Nelson & Winter: a mixed record”. Paper No. 83, Electronic Working Paper Series, SPRU, Brighton, 2002.
- Popper, S. W. “Economic Approaches to Measuring the Performance and Benefits of Fundamental Science”. Rand Domestic Research Division Report, Santa Monica, 1995.
- Rapini, M. S. “Uma investigação sobre a relação de Granger-causalidade entre ciência e tecnologia para países em catching up e para o Brasil”. Monografia de Graduação. Belo Horizonte: FACE-UFMG, 2000.
- Ryan, James. “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, 2002.

- Salter, A. y Martin, B. “The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research: A Critical Review”. Working Paper # 34, SPRU Electronic Working Paper Series, Brighton, UK, 1999.
- Sander, Cerstin. “Development research impact: reach”. Artículo para la presentación en el ICRAF International Workshop on Assessing Impacts in Natural Resource Management Research, Nairobi, 1998.
- Sanz Menéndez, Luis. “Indicadores Relacionales y Redes Sociales en el Estudio de los Efectos de las Políticas de Ciencia y Tecnología”. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Unidad de Políticas Comparadas, SPRITTE, 2001.
- Sarafoglou, N. y Haynes K. E. “University Productivity in Sweden: A Demonstration and Explanatory Analysis for Economics and Business Programs”. *The Annals of Regional Science* 30, (1996): 285-304.
- Schankerman M. y Pakes, A. “Estimates of the Value of Patent Rights in European Countries During the Post-1950 Period”. *The Economic Journal* 96, no. 384 (1986), 1052-1076.
- Schmookler, Jacob. *Invention and Economic Growth*. Cambridge: Harvard University Press, 1966.
- Smith, Vincent. “Measuring the Benefits of Social Science Research”. Impact Assessment Discussion Paper No. 2, Washington, 1998.
- Swann, Meter. “Funding Basic Research: When is public finance preferable to attainable club good solutions?”. Final draft forthcoming in *Science and Innovation: Rethinking the Rationales for Funding and Governance*. A. Geuna, A. Salter y W.E. Steinmueller, editors, 2002.
- Toole, Andrew. “The Impact of Public Basic Research on Industrial Innovation: Evidence from de Pharmaceutical Industry”. SIEPR Discussion Paper No. 00-07, Stanford, 2000.
- Velho, L. “The author and the beholder: how paradigm commitments can influence the interpretation of research results. *Scientometrics* 11, (1987): 59-70.

- Viotti, E.B. "Pasive and Active National Learning Systems". PhD. Dissertation. New School for Social Research, 1997.
- Yin, R. K. "Case Study Research: Design and Methods". Newbury Park, CA: Sage Publications, 1989.