

La medición del impacto social de la ciencia y tecnología

Ernesto Fernández Polcuch

1. Introducción

El presente trabajo tiene por objeto abordar el problema del impacto social de la ciencia y tecnología y las estrategias posibles para su medición.

Con el objeto de obtener mayor conocimiento acerca de los distintos impactos de la ciencia y tecnología y, por otra parte, para apoyar la toma de decisión en política científica y tecnológica, especialmente en la evaluación y asignación de recursos a proyectos o unidades de investigación, aparece como necesario contar con conceptos y herramientas que permitan la medición del impacto de la ciencia y tecnología, en sus diferentes dimensiones.

En los procesos de evaluación existen tres preguntas clave, implícitas o explícitas, relacionadas con el impacto de la investigación, que han sido reseñadas por Kostoff (1998):

- “1) ¿Cuál ha sido la amplitud de los impactos a largo plazo de investigaciones realizadas en el pasado?
- 2) ¿Cuáles han sido el éxito y los impactos de investigaciones realizadas recientemente?
- 3) ¿Cuál es el conocimiento que se proyecta ganar de la investigación propuesta, qué tipo de beneficios se podrían obtener y cuál es la probabilidad de que estos resultados a largo plazo puedan ser obtenidos?”

Estas preguntas pueden ser planteadas en distintos niveles. En el nivel micro, reflejan la competencia entre distintos proyectos de investigación. En el nivel meso, puede tratarse de tomar decisiones acerca de qué área disciplinaria debe ser priorizada para el financiamiento de proyectos. En el nivel macro, las preguntas expresan la competencia por recursos para la ciencia y tecnología,

en detrimento de otras áreas de atención del estado, tales como la salud, la educación o el empleo.

Estas tres preguntas adquieren especial relevancia si se toma en cuenta que abordan algunas de las principales cuestiones de la política científica y tecnológica, esto es, la asignación de recursos, el establecimiento de prioridades y la evaluación. A su vez, se refieren a uno de los núcleos centrales de las políticas públicas en general, el necesario y permanente *trade-off* entre las distintas políticas del estado.

Para intentar encontrar respuestas más “objetivas” a las preguntas mencionadas, se hace necesario contar con indicadores de impacto de la ciencia y tecnología, es decir, indicadores que tomen en cuenta las consecuencias a largo plazo de las investigaciones, los desarrollos y del propio conocimiento científico y tecnológico.

El impacto de la ciencia y tecnología puede ser clasificado en función de su objeto:

- impacto en el conocimiento,
- impacto económico e
- impacto social.

Los ***impactos en el conocimiento*** se miden, habitualmente, a través de técnicas bibliométricas. Las mediciones se basan, específicamente, en las citas recibidas por el documento (publicación científica o patente) en otros documentos. Este tema no será tratado con detalle en este documento, y existe una amplia bibliografía a este respecto.

Los ***impactos económicos*** también están definidos con cierta precisión. Se dispone de indicadores normalizados para considerar la balanza de pagos de tecnología (OCDE, 1990), el comercio de bienes de alta tecnología y, principalmente, la innovación tecnológica (OCDE, 1996b).

Los ***impactos sociales*** son el tema central de este documento, ya que no ha habido hasta el presente ningún intento de normalización de sus indicadores, más allá de los que se llevan a cabo en el marco de la Red Iberoamericana de

Indicadores de Ciencia y Tecnología – RICYT (Estebanez, 1998, Itzcovitz y otros, 1998).

2. El impacto social de la ciencia y tecnología

Al hablar (o escribir) sobre el impacto social de la ciencia, no puede desconocerse el hecho de que la ciencia es, en sí misma, una actividad social. (Merton, 1973; Ziman, 1986; Woolgar, 1991; Edge, 1995, Bernal, 1964). En este sentido, Latour (1991) llama la atención acerca de la existencia de un *nudo gordiano* que implica a la ciencia y la sociedad:

“Un mismo hilo liga las ciencias más esotéricas con la más sórdida de las políticas, el cielo más lejano con una cierta fábrica en la periferia de Lyon, peligros de carácter global con las próximas elecciones locales o con el próximo consejo de administración. Los horizontes, lo que está en el tablero, las coordenadas temporales, los actores son todos ellos inconmensurables y, sin embargo, ahí están envueltos en la misma historia.” (...) “De nuevo los jefes de estado, los químicos, los biólogos, los desesperados pacientes y los industriales se encuentran agrupados en una misma oscura historia, en la que se mezclan biología y sociedad.”

La idea del “nudo gordiano” podría cuestionar directamente la idea de “impacto social”, si no se utiliza esta última con suma cautela. Es fundamental señalar, por lo tanto, que el impacto social de la ciencia y tecnología, tal como se lo conceptualiza en este trabajo, asume dimensiones muy diversas y complejas, y no representa simplemente un estadio más en la recta del modelo lineal.

Kostoff (1995) señala que

“El impacto de la investigación es el cambio efectuado sobre la sociedad debido al producto de la investigación. La efectividad de la investigación es una medida del grado de focalización del impacto sobre las metas deseadas.”

Si bien esta definición incluye la consideración de la intensidad del cambio, a partir del concepto de *efectividad*, no toma en cuenta otra variable fundamental:

de qué modo se produce este cambio. Esta perspectiva aparece como un tanto unilateral, ya que descuida el hecho de que el conocimiento debe ser apropiado socialmente para que el impacto exista efectivamente. Este parámetro –el modo de apropiación social del conocimiento- ha sido dejado de lado en la mayoría de las experiencias de análisis del impacto, que se reseñan en el apartado 4. En casi todos los casos se descubre una perspectiva netamente ofertista.

Oszlak y O'Donnell (1995) advierten acerca de cuán complicado es el tema de los impactos, cuando se preguntan:

“Dado X cambio en cierta característica Z, ¿qué proporción de ese cambio podemos atribuirle causalmente a políticas estatales, a políticas privadas y a otros factores ajenos a unas y a otras?”

Esta pregunta, planteada por los autores con relación al impacto de las políticas públicas, es igualmente válida para el impacto social de la ciencia y tecnología, si se cuestiona acerca de cuál es la proporción de un cambio social atribuible a los efectos de la investigación y del conocimiento científico y tecnológico, o a otros factores.

La multidimensionalidad del impacto, por otra parte, es tomada en cuenta por Kostoff, quien señala que

“El impacto de programas de investigación involucra la identificación de una variedad de expresiones de conocimiento producidas, así como los cambios que estas expresiones realizaron en una multitud de diferentes blancos potenciales de investigación (otras áreas de investigación, tecnología, sistemas, operaciones, otras misiones organizacionales, educación, estructuras sociales, etc.). Mientras algunos impactos pueden ser tangibles, muchos otros pueden ser intangibles y difíciles de identificar, mucho menos cuantificar.”

Bernal (1964) amplía la idea de multidimensionalidad, incorporando el impacto sobre la propia estructura de pensamiento de la sociedad.

“(…) mi propósito es destacar una vez más en qué medida el progreso de la ciencia natural puede ayudar a determinar el de la sociedad misma,

y esto no sólo en los cambios económicos suscitados por la aplicación de los descubrimientos científicos, sino también a consecuencia del efecto que produce en la estructura general del pensamiento el impacto de nuevas teorías científicas.”

Si bien, como se ha dicho, los impactos sociales de la ciencia y tecnología pueden ser significativos y expresarse en múltiples dimensiones, no debe suponerse que la ciencia y tecnología puede responder a todas las necesidades de una sociedad.

Por el contrario, Harry G. Johnson, en un informe de la Academia de Ciencias de EE.UU. a la cámara de representantes, citado en Salomon (1970), advierte que

“... es la naturaleza de nuestras actitudes y de nuestras instituciones políticas y sociales, no el retraso de nuestros conocimientos científicos en la esfera de lo social, lo que es responsable, más que nada, de la existencia de estos problemas.”

A esto se refiere también el propio Salomon, cuando denuncia que

“... hay una suerte de ingenuidad y de mistificación –llamemos a esto ‘ilusión científicista’- que consiste en creer que los problemas de la salud y, en particular, los del ambiente, podrían resolverse en proporción a las inversiones de investigación científica consagradas a su solución. Los éxitos mismos alcanzados por la tecnología desde hace un cuarto de siglo (...) llevan a pensar (o a hacer creer) que aplicando el mismo esfuerzo a los objetivos de orden social podría obtenerse un rendimiento análogo al de la tecnología nuclear o espacial. De ahí, todos los temas de la ciencia aplicada a los problemas del subdesarrollo o a la curación de los traumatismos provocados, precisamente, por la aceleración de la civilización urbana y del cambio tecnológico.”

Salomon reconoce, sin embargo, que

“...los objetivos de orden social (...) desempeñan el papel del pariente pobre en la mayoría de las políticas nacionales de la ciencia. Por objetivos de orden social hay que entender la salud, la higiene y la lucha

contra las molestias (contaminaciones del aire y de las aguas, problemas que presenta el desarrollo urbano, etc.). Los recursos financieros y humanos consagrados a las investigaciones en estos dominios no movilizan más que a una pequeña parte, en términos absolutos, lo mismo que en valor relativo, del esfuerzo global de investigación. Estos recursos podrían y deberían aumentarse; en el caso de las investigaciones médicas, inversiones mayores darían lugar sin duda a adelantos muy grandes en la lucha en pro de la prevención y curación de las enfermedades.”

Por otra parte, recuerda que

“aunque los objetivos de carácter social pasasen a ocupar el primer lugar en la jerarquía de las prioridades del poder público, sería sorprendente que la ciencia y la técnica resolviesen este tipo de problemas” (miseria, criminalidad, conflictos raciales n. del a.).

Esta posición, basada en la situación política mundial de fines de los años sesenta, contrasta con la asumida por la UNESCO en la última Conferencia Mundial de la Ciencia (UNESCO; 1999):

“Existe actualmente una oportunidad sobresaliente para desviar recursos que habían sido previamente destinados al desarrollo y producción de nuevas armas a sectores de prioridad social y convertir infraestructuras de producción e investigación militar al menos parcialmente al uso civil.”

Esta discusión acerca de los impactos sociales de la ciencia y tecnología es retomada por el propio Salomon en 1994, al referirse específicamente a los países “en desarrollo”:

“En realidad, hay quienes niegan que las nuevas tecnologías sean lo que la mayoría de los países en desarrollo necesitan como alta prioridad para satisfacer sus desafíos reales de manera tan rápida y eficiente como sea posible.”

Concordando con Salomon, el Banco Mundial en su Informe sobre el desarrollo mundial 1999 afirma que:

“Desde hace siglos se conoce el tratamiento de enfermedades sencillas como la diarrea, y a pesar de ello millones de niños siguen muriendo a consecuencia de ella porque sus padres no saben cómo evitarlo.”

Sin embargo, el mismo informe sostiene que:

“El planteamiento del desarrollo desde la perspectiva del conocimiento (...) puede mejorar las condiciones de vida de formas muy diversas, además de elevar los ingresos. (...) el conocimiento nos permite controlar mejor nuestros destinos.”

La palabra clave aquí es *conocimiento*, a diferencia de *investigación*. Desde la perspectiva del Banco Mundial,

“En vez de volver a descubrir lo que ya se sabe, los países más pobres tienen la posibilidad de adquirir y adaptar gran parte de los conocimientos ya disponibles en los países más ricos”

La UNESCO (1999), en una perspectiva levemente contraria, sostiene que:

“Hoy, más que nunca, no puede haber desarrollo sin ciencia y sus aplicaciones.”

Al asumir esta posición, la UNESCO mantiene su posición acerca de la necesidad de los países de contar con capacidades endógenas de investigación, para desarrollarse.

Kostoff (1995), en una línea intermedia, relacionando íntimamente conocimiento e investigación, sostiene que:

“Medir el impacto de la investigación requiere la medición del conocimiento. Sin embargo, el conocimiento no puede ser medido directamente. Lo que puede ser observado y medido son las expresiones del conocimiento, como papers, patentes y estudiantes formados. Medidas de expresiones del conocimiento resultantes de la investigación deben, por necesidad, proveer una imagen incompleta del producto de la investigación.”

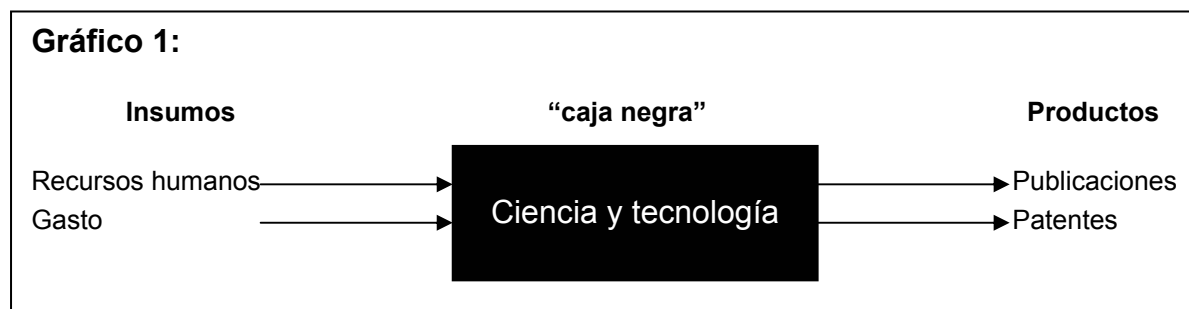
Antes de abordar los problemas de la medición, resta aún considerar otro aspecto del impacto social de la ciencia y tecnología. Para no ir aún más allá de la perspectiva ingenua denunciada por Salomon, hay que señalar que los impactos sociales de la ciencia y tecnología pueden no ser solamente positivos, sino también tener consecuencias negativas sobre la sociedad. Entre estas, cabe resaltar el impacto potencialmente negativo de muchas de las “nuevas tecnologías” sobre el empleo, el ambiente y la salud. Estos temas, de importancia no menor, no serán objeto del presente documento, y han sido analizado en cuantiosos trabajos.

Para avanzar hacia propuestas que permitan medir el impacto social de la ciencia y tecnología, se hace necesario revisar los distintos principios utilizados en la construcción de indicadores de ciencia y tecnología, y los marcos conceptuales involucrados.

3. Marcos conceptuales para la medición de la ciencia y tecnología

Al abordar cualquier problema relacionado con la medición de la ciencia y tecnología se suele partir de una serie de convenciones. En primer lugar, habitualmente los trabajos acerca de indicadores de ciencia y tecnología consideran a ésta como una **caja negra**, que se nutre de insumos –*inputs*- y produce productos –*outputs*- (Gráfico 1).

“Para los cientometristas, la ciencia puede visualizarse como un proceso de insumos-productos: ciertos recursos (...) alimentando una ‘caja negra’, de donde emergen ciertos productos como resultado de los insumos.” (Velho, 1994)



Esta concepción de la ciencia y tecnología se sustenta en distintos marcos teóricos provenientes de diversas disciplinas: una concepción *economicista*, enmarcada en el *modelo lineal de innovación* y en la *sociología de la ciencia de raíz mertoniana*. Posteriormente, se incorporó a los trabajos acerca de la medición de las actividades de ciencia y tecnología el *modelo interactivo de relación en cadena de la innovación*, propuesto originalmente por Kline y Rosenberg.

3.1. El modelo lineal

En primer lugar, Albornoz (1994) resalta la **concepción economicista** de la ciencia que trasciende esta definición:

“Los grupos de indicadores más comúnmente desarrollados (...) tienen que ver con el concepto de ‘producción’ y, en el fondo, reflejan la matriz insumo-producto.”

Desde el punto de vista de la economía política de la ciencia y la tecnología, esta concepción se refleja en el llamado “**modelo lineal**”, la teoría acerca de la relación entre ciencia, tecnología y desarrollo predominante en la década de 1960. Como documento liminar de este modelo puede ser considerado el propio **Science - The Endless Frontier** (Bush, 1945), informe datado en 1945 que también es considerado uno de los documentos fundamentales de la política científica y tecnológica. El informe sostiene que

“Para alcanzar esa meta (el pleno empleo), todas las energías creativas y productivas del pueblo americano deben ser liberadas. Para crear nuevos puestos de trabajo, debemos hacer productos nuevos, mejores y más baratos. Queremos muchas empresas nuevas y vigorosas. Pero los nuevos productos y procesos no nacen crecidos. Están fundados sobre nuevos principios y nuevas concepciones, los cuales, a la vez, resultan de la investigación científica básica. (...) Sin progreso científico ningún logro en otras direcciones puede asegurar nuestra salud, prosperidad y seguridad como nación en el mundo moderno.”

El modelo lineal (Mahdjoubi, 1997)

“ha sido utilizado para explicar el vínculo entre conocimiento y desempeño económico. En este modelo, el conocimiento es descubierto en universidades, traspasado a las empresas a través de publicaciones, patentes, y otras formas de correspondencia científica, y al consumidor final en forma de producto o servicio. Este modelo representa la innovación como un proceso lineal en el cual el cambio tecnológico depende de, y es generado por, investigaciones científicas previas.”

“En ese modelo, el desarrollo, la producción y la comercialización de nuevas tecnologías seguía un curso bien definido en el tiempo, que comenzaba con las actividades de investigación e implicaba una etapa de desarrollo de producto y luego finalizaba con la producción y la eventual comercialización.” (OCDE, 1996a)

Esta teoría es precisamente la que enmarca conceptualmente el Manual de Frascati (OCDE, 1993), cuya primera versión fue realizada en 1963. El propio manual sostiene que

“Las administraciones, interesadas en el crecimiento económico y en la productividad, confían en las estadísticas de I+D como una forma posible de indicador del cambio tecnológico.”

Esta relación directa, de alguna manera unidireccional y sustitutiva, en la que la medición de la I+D aproxima y de hecho reemplaza la consideración directa del “cambio tecnológico” es justamente propia del modelo lineal, tal como se señaló más arriba. Para conocer el cambio tecnológico, situado al final de la línea, el Manual de Frascati propone que alcanza con establecer la magnitud de la I+D y, en particular, de sus insumos.

Las directrices de este manual siguen siendo las principales guías para la construcción de indicadores de ciencia y tecnología. Para Vessuri (1991), el Manual de Frascati es

“el intento normalizador más importante llevado a cabo por un organismo internacional, a fin de conseguir un lenguaje común acerca de las actividades relacionadas con la ciencia y la tecnología, y proceder a una

medición, lo más uniforme posible, de las tareas de Investigación y Desarrollo (I+D)”.

Este intento normalizador, sin embargo, no puede ser visto por fuera del marco conceptual que lo abarca, es decir, el modelo lineal, como se ha señalado, y la sociología de la ciencia tradicional.

3.2. La caja negra

La otra concepción teórica en la que se enmarcan los trabajos en el área de indicadores de ciencia y tecnología es cercana a las posturas que, desde la **sociología de la ciencia**, corresponden a la corriente clásica de esta disciplina, liderada por Robert K. Merton en Estados Unidos.

Varios sociólogos que adhieren a los preceptos de la “nueva sociología de la ciencia” o “sociología del conocimiento científico” denuncian la utilización, por parte de la sociología de la ciencia tradicional, de la idea de caja negra para representar a la ciencia con el objeto de mantener una estrategia “externalista”.

Pablo Kreimer (1997) señala que, en la obra de Merton,

“los aspectos cognitivos de la ciencia (son) considerados como una *caja negra*, en la cual el sociólogo no puede penetrar”.

John Ziman (1986) agrega, incluso, que

“para la sociología ‘externa’ (...) puede hacerse caso omiso (...) de los mecanismos internos (de la caja negra)”.

Steve Woolgar (1991), quien se propone precisamente “abrir esa caja negra”, señala que esa corriente asume una posición *esencialista*, considerando a la ciencia

“como un objeto, una entidad o un método coherente, aunque su definición y descripción resulten difíciles”.

El propio Merton (1973) sostiene precisamente que

“las relaciones recíprocas entre la ciencia y la sociedad son el objeto de investigación (de la sociología de la ciencia)”.

En esta línea, considerar a la ciencia una *caja negra*, cuya verdadera naturaleza es difícil de abordar, resulta funcional para su análisis y, especialmente, para su medición. Lea Velho (1994) resalta que

“la cientometría es responsable de la conservación del legado mertoniano en los estudios de la ciencia –tanto epistemológica como metodológicamente- aunque muchos cientometristas negarían una influencia directa o cualquier lealtad al paradigma mertoniano.”

Cabe señalar, sin embargo, que esta no es la única interpretación posible de la utilización de la idea de *caja negra* al hacer referencia a la ciencia y tecnología. Desde otra visión, esta propuesta podría ser vista como surgida de un modelo matemático. En el lenguaje de esta disciplina la *caja negra* representa efectivamente una función, que transforma insumos en productos. Esta idea ha sido utilizada también profusamente en la economía, como señalaba Albornoz (1994). Sin embargo, su aplicación a la ciencia y tecnología difícilmente puede haber sido ingenua y no puede desconocer las implicancias sociológicas señaladas.

3.3. El modelo de relación en cadena de la innovación

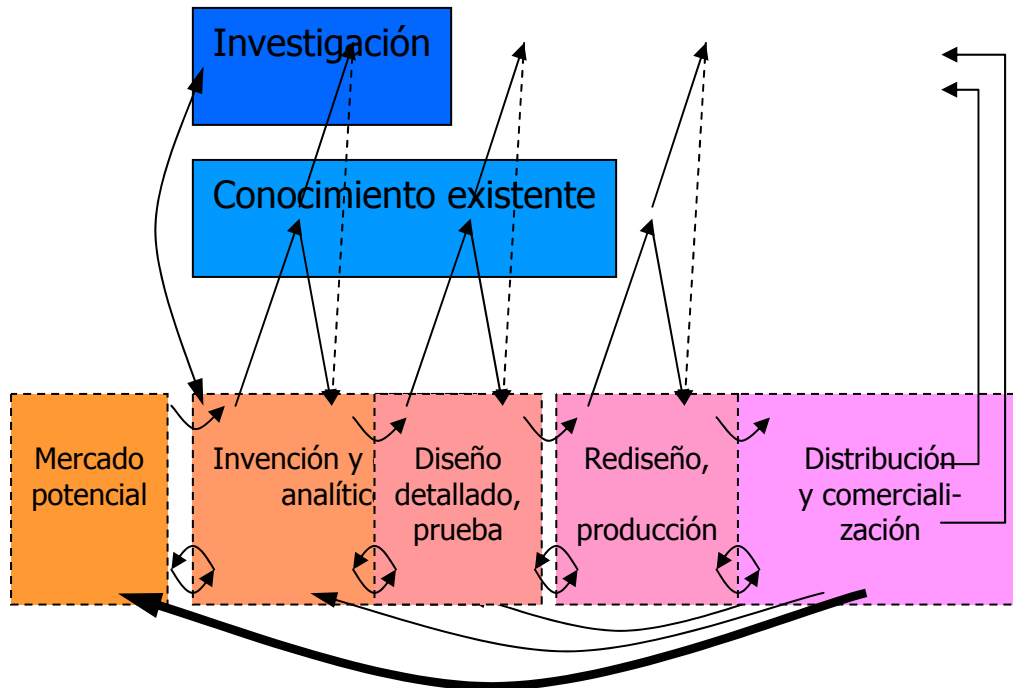
El modelo interactivo de relación en cadena del proceso de innovación fue propuesto por Kline y Rosenberg en 1986 como superador del modelo lineal. El modelo fue adoptado por la OCDE en el informe del Programa de Tecnología / Economía (TEP, OCDE, 1996a) y utilizado como marco conceptual en el Manual de Oslo (OCDE, 1992, OCDE, 1996b) para la medición de la innovación tecnológica.

El informe del TEP (OCDE, 1996a) señala que:

“Hoy se admite finalmente que el proceso de innovación se caracteriza por interacciones y efectos de ida y vuelta. Los modelos interactivos (...) ponen el acento sobre el rol central de la concepción, sobre los efectos de ida y vuelta entre las fases *hacia delante* y *hacia atrás* del modelo lineal anterior y sobre las numerosas interacciones que ligan la ciencia, la tecnología y la innovación en cada etapa del proceso.”

El modelo de Kline y Rosenberg (Gráfico 2) representa las etapas del proceso de innovación dentro de la firma y su relación con el sistema de innovación dentro del cual ésta funciona.

Gráfico 2:



La “cadena de innovación”, cuyo actor central es la firma, comienza con la percepción, dentro de esta, de una posibilidad o de una invención, basadas en la ciencia y tecnología, seguidas necesariamente por la concepción analítica de un nuevo producto o proceso y su posterior desarrollo, producción y comercialización. En este proceso existen permanentes relaciones de ida y vuelta entre cada una de las fases subsiguientes, pero también entre la fase de relación con el mercado y las distintas etapas de concepción y desarrollo del producto o proceso.

Si bien existe una fuerte relación entre la etapa de invención y diseño analítico de un producto o proceso, que se encuentra prácticamente al principio de la cadena, con la I+D, en cada una de las etapas del proceso de innovación se presentan dificultades técnicas que deben ser resueltas con el concurso de conocimiento científico-tecnológico. Para la solución de estas dificultades en las diferentes etapas, la firma procura, en primera instancia, encontrar respuestas en el conocimiento disponible. Solamente si no la encuentra allí,

apela a la investigación. Una vez solucionada la dificultad, se pasa a la próxima fase del proceso¹.

Si bien la aplicación del modelo de relación en cadena cambió profundamente las prioridades en la medición de la ciencia y tecnología, cambiando el eje de los *inputs* de la I+D a la innovación tecnológica, no ha tenido consecuencias significativas en la consideración, por parte de los organismos internacionales, del impacto social de la ciencia y tecnología.

4. La medición del impacto social de la ciencia y tecnología

Tal como se mencionó en el apartado 1. no existen normas internacionales para la medición del impacto social de la ciencia y tecnología, ni como parte de la “familia Frascati”, ni en el marco de las actividades de normalización de la UNESCO u otras organizaciones internacionales.

Esta ausencia de normas internacionales en este campo puede explicarse a partir de dos hipótesis complementarias:

Por un lado, la persistente utilización como marco teórico por la OCDE en sus trabajos de indicadores del “modelo lineal”, reseñado en el punto 2, que hizo innecesaria la medición de parámetros de impacto, ya que el propio modelo daba por descontada la existencia de dicho impacto, de forma determinada. De hecho, la aplicación del modelo lineal facilitaba que se utilizaran indicadores que miden los *inputs* de la I+D, o bien sus productos, como *proxi* de todos sus impactos.

Por otro lado, cuando el modelo lineal perdió actualidad en la década de 1990, en los países desarrollados, y especialmente en la OCDE, los temas sociales ya habían abandonado los lugares centrales de la agenda política. Largos años de *welfare state* generaron un cierto bienestar en la población -o aunque más no sea en las mayorías- de los países industrializados. No existió, por lo tanto un interés real en abordar la medición de impacto social de la ciencia y

¹ Para una explicación más detallada de este modelo, consúltese OCDE, 1996a.

tecnología. Todo el énfasis fue dirigido a la conceptualización y medición de la innovación tecnológica (OCDE, 1996a y 1996b).

Cabe señalar, que también en las actuales discusiones acerca de la “Sociedad de la Información” y de la “Sociedad del Conocimiento” o “Economía basada en Conocimiento”, los documentos principales centran su atención en la consideración de los impactos puramente económicos de los procesos de incorporación de las tecnologías de la información. A la vez, los impactos sociales directos son dejados de lado casi totalmente².

De esta manera, se puede identificar una tendencia a considerar que el impacto social, como tal, es simplemente producido a partir del impacto económico, tomando como base el concepto de innovación tecnológica industrial o empresarial. Esta visión podría ser interpretada como una prolongación del modelo lineal, en la cual la innovación tecnológica -punto final del modelo propiamente dicho- produce crecimiento económico y este conduce, automáticamente, al desarrollo social. Parece un contrasentido que este “apéndice” del modelo lineal siga siendo considerado como válido, aún después de la adopción mayoritaria del modelo en cadena de la innovación. Este último modelo cambió, fundamentalmente, la comprensión del proceso interno de la innovación. Sin embargo, no parece haber cambiado la perspectiva del análisis de las consecuencias de la innovación misma.

Sin embargo, existen una serie de conceptualizaciones y experiencias que han abordado el problema de la medición del impacto social de la ciencia y tecnología, desde distintas perspectivas.

4.1. Evaluación social de la tecnología

En 1970 Salomon sostenía que:

“mostrar que la ‘rentabilidad social de la investigación fundamental en relación con su costo sobrepasa a la rentabilidad de otros tipos de inversión’” es “un cálculo imposible de hacer”.

² Una discusión con mayor profundidad de esta cuestión puede encontrarse en Becerra (1998).

Sin embargo, este planteo no lo exime de la posibilidad de plantear, como aproximación a la medición del impacto, el uso de la “evaluación social de la tecnología”:

“Una forma altamente eficiente de proporcionar a los diseñadores de políticas la información cuantitativa y cualitativa necesarias para una mejor articulación de la ciencia, la tecnología y el desarrollo consiste en alentar la formación de equipos de investigación nacionales y –mejor aún- regionales y desarrollar actividades de evaluación tecnológica en estrecha vinculación con estudios de futuro. (...) el proceso de una evaluación de esta naturaleza (llamémosla evaluación social de la tecnología más que, simplemente, evaluación tecnológica) no depende exclusivamente de los especialistas de cualquier campo determinado. Los que no son expertos tienen algo que decir sobre el tema” (Salomon, 1994).

Esta metodología, dirigida fundamentalmente a la toma de decisión acerca de la transferencia de tecnología, si bien incorpora la idea de apropiación social del conocimiento, limitaría la idea del impacto a la consideración de opciones tecnológicas. Se puede reconocer, además, una idea cercana a la del uso de “tecnologías apropiadas”.

El propio Salomon advierte acerca de los riesgos de utilización de estas metodologías:

“Si se hubieran identificado *ex ante* todos los posibles efectos negativos, pocos de los grandes avances técnicos de los últimos tiempos (...) habrían superado la barrera de las reglamentaciones o la resistencia pública. La pregunta de cuál es el nivel de riesgo aceptable no es neutral, y sabemos que la respuesta varía según los intereses del caso.”

Estas metodologías, por otra parte, difícilmente conduzcan a la construcción de indicadores cuantitativos de impacto social de la ciencia y tecnología.

4.2. La oferta de I+D dirigida a la solución de problemas sociales

La consideración de la oferta de I+D dirigida a la solución de los problemas sociales es el camino elegido por la UNESCO y la OCDE para abordar la relación entre ciencia y tecnología y cuestiones sociales.

Tanto el Manual de Frascati, bajo el concepto de “objetivos socioeconómicos”, como la UNESCO, bajo el nombre de “campos de aplicación” (UNESCO, 1984), se proponen relevar información acerca del objetivo de la I+D, desde el punto de vista de su potencial utilización.

Entre los objetivos socioeconómicos, o los campos de aplicación, solamente una minoría responde a cuestiones sociales. En el caso de la OCDE, solamente se destacan en esta área los objetivos de “Desarrollo social y servicios sociales” y “Salud”, de entre los once propuestos. El nivel de agregación de estos objetivos es, como puede verse, demasiado alto, por lo que se hace imposible diferenciar con detalle en qué medida se pretende responder a necesidades sociales concretas.

Las metodologías propuestas por la OCDE y UNESCO en este campo reflejan una perspectiva netamente ofertista. Los actores sociales no cumplirían, desde este punto de vista, un rol dinámico, sino que serían meros receptores de la oferta de investigaciones.

Debe tenerse en cuenta, por último, que la declaración de objetivos socioeconómicos de la investigación solamente habla, en todo caso, de la intención del investigador acerca de un potencial impacto de sus investigaciones, pero no predica, de ninguna manera, acerca del impacto social real.

4.3. Métodos retrospectivos

Para explicar la importancia de la variable *tiempo* en la medición del impacto de la I+D, Kostoff (1995) señala que:

“En organizaciones que fomentan investigaciones básicas, la evaluación de impacto debería ser estructurada para identificar impactos que hayan

ocurrido varias décadas después de que la investigación es realizada. Las razones para esto son dobles. En primer lugar, los impactos de la investigación básica sobre las misiones de la organizacionales, tales como sistemas y operaciones, pueden tomar décadas antes de que se produzcan. En segundo lugar, estos impactos sobre misiones organizacionales proveerán datos para modelos predictivos que relacionan los resultados de la evaluación de la investigación con los impactos sobre las misiones organizacionales.”

Kostoff reconoce las debilidades de las metodologías retrospectivas de evaluación del impacto, especialmente a partir del hecho de que

“existe poca literatura que provee de bases para la predicción de qué programas y propuestas de investigación tendrán el impacto deseado. (...) La credibilidad y predictibilidad de estas técnicas de evaluación son tópicos maduros para investigación. Se requeriría un sistema de seguimiento a largo plazo de productos de la investigación para recoger los datos necesarios. (...) Mientras un sistema de este tipo no proveería respuestas absolutas, ya que el seguimiento de los modos informales de comunicación del conocimiento sería casi imposible de realizar, proveería una imagen mucho mejor del impacto de la investigación y de su predictibilidad que la que existe actualmente.”

En ese mismo trabajo, Kostoff describe distintas experiencias existentes en EE.UU. en el campo de la evaluación del impacto. Las experiencias efectuadas con métodos retrospectivos y que toman en cuenta los impactos sociales o “impactos indirectos” pueden ser de dos tipos. Uno comienza con una tecnología o un “sistema” exitoso e intenta identificar, “hacia atrás”, los eventos críticos de I+D que condujeron al producto final. El otro tipo de experiencia comienza con un subsidio de investigación otorgado y efectúa el seguimiento “hacia delante”, intentando identificar los impactos. Kostoff considera que el método “hacia atrás” es más útil, por dos razones:

“1) los datos son más fáciles de obtener, ya que el seguimiento hacia delante es esencialmente imposible para investigaciones que evolucionan, y 2) los patrocinadores tienen poco interés de examinar investigaciones que pueden haber ido a ninguna parte.”

Cabe señalar, sin embargo, que una de las dificultades existentes en la utilización de estos estudios es la necesidad de definir los criterios de “éxito” y de “evento crítico”.

Las experiencias reseñadas son las siguientes:

- a) Proyecto “Hindsight”. El Proyecto Hindsight fue un estudio retrospectivo realizado por el Departamento de Defensa en los años sesenta para identificar los factores gerenciales relevantes para garantizar que los programas de I+D sean productivos y que sus resultados sean utilizados. Para ello, se rastrearon los puntos críticos de I+D, a partir del análisis de veinte sistemas de armas. Se trataba de un estudio netamente “hacia atrás”.
- b) Estudios “TRACES” (“huellas”). En 1967, la National Science Foundation (NSF) inició un estudio para buscar en forma retrospectiva los eventos clave que llevaron a un cierto número de innovaciones tecnológicas mayores. A este estudio le siguió cierto número de trabajos posteriores, con una metodología similar. Uno de sus objetivos fue proveer información acerca del rol de los distintos mecanismos, instituciones y tipos de I+D necesarios para una innovación tecnológica exitosa. Al igual que en el caso anterior, se trató de un estudio “hacia atrás”.
- c) Estudios “Accomplishment” (“de éxitos”). Fueron realizados a partir de proyectos de alto impacto seleccionados especialmente de aquellos financiados por DARPA y por el Departamento de Energía. Tuvieron como objetivo identificar las causales del éxito y del impacto de estos proyectos. La metodología utilizada fue del tipo “hacia delante”.

Kostoff también propone un método de “modelo de red”, aunque limita los nodos de la red únicamente a áreas del conocimiento, sin tener en cuenta la posibilidad de incluir actores sociales.

Todos estos métodos retrospectivos tienen como defecto central su condición de “anecdóticos”, y el hecho de que resulta prácticamente imposible construir indicadores cuantitativos a partir de ellos.

5. Algunas propuestas para América Latina

En América Latina el impacto social de la ciencia y tecnología es un problema central, tanto porque restan aún numerosas cuestiones sociales para solucionar, como porque tampoco está aceptado socialmente que la ciencia y tecnología sea vital para la resolución de problemas (económicos y sociales).

En este marco, Licha (1994) señala que:

“Las ‘estadísticas del desarrollo’ fueron definidas como ‘el cuerpo básico de datos cuantitativos usado para comprender el proceso de desarrollo; el diagnóstico de necesidades; la medida del cambio; la formulación de objetivos y metas; y la evaluación del desempeño’. En tal sentido, las estadísticas en ciencia y tecnología deben ser consideradas como parte integral de las estadísticas del desarrollo. (...) Los indicadores endógenos del desarrollo científico y tecnológico (...), dados los urgentes objetivos de desarrollo económico y social de los países periféricos, deben ser indicadores del impacto de la ciencia y tecnología en la sociedad. (...) La ciencia y tecnología tienen, en los países en desarrollo, misiones estratégicas que cumplir.”

Al considerar propuestas para la medición del impacto social de la ciencia y tecnología en América Latina, no debe dejarse de lado la necesidad de tener en cuenta las características particulares de las sociedades periféricas, en especial las dificultades de diversa índole de los actores sociales para apropiarse del conocimiento, ya sea transferido del exterior, o producido localmente.

Una primera pregunta que podría hacerse en este ámbito es si existe una correlación (estadística) entre el nivel de desarrollo científico y tecnológico de un país y su nivel de desarrollo social.

Una segunda pregunta versa acerca de la existencia y las características de la oferta de investigaciones dirigidas a la resolución de problemas sociales.

La tercera pregunta está relacionada con la demanda y efectiva utilización de conocimiento científico tecnológico en la resolución de cuestiones sociales.

Las respuestas, cuantificadas, a estas tres preguntas, pueden darnos algunos indicadores acerca del impacto social de la ciencia y tecnología en un contexto determinado, social e histórico.

5.1. Correlaciones estadísticas

La pregunta acerca de la relación entre el nivel de desarrollo científico y tecnológico y el nivel de desarrollo social puede ser abordada a partir del análisis de los indicadores de ciencia y tecnología disponibles y su comparación con indicadores sociales, entre los cuales sobresale el índice de desarrollo humano (PNUD, 1998).

Para llevar adelante algún trabajo en esta área, se debe definir, con cierto cuidado, qué indicadores de ciencia y tecnología y qué indicadores sociales tomar, y cómo ponderarlos. Debe tenerse en cuenta que, dependiendo de los indicadores sociales utilizados, se optará por considerar diferentes dimensiones de lo social, tales como los actores sociales, las necesidades sociales, los problemas sociales, o el desarrollo social, entre otros. Cada una de estas dimensiones requiere una conceptualización diferenciada, y un especial cuidado en los indicadores elegidos. Un trabajo exploratorio realizado en este sentido (Arboleda, 1999) ha encontrado una fuerte correlación entre el número de científicos y técnicos de un país y el índice de desarrollo humano.

Otra de las posibilidades de trabajo es la de construir un indicador complejo de ciencia y tecnología que tome en cuenta diferentes variables³ y contraponerlo con un indicador complejo del área social, tal como el propio índice de desarrollo humano propuesto por PNUD (1997).

Las herramientas básicas para este tipo de análisis provienen de la ciencia estadística. Entre las técnicas más usuales para este tipo de trabajo puede citarse el análisis de regresión y el de correlación.

Debe señalarse que cualquier correlación identificada en este tipo de ejercicios no debe ser interpretada en clave de causalidad. Esto es aún más cierto en el

³ Un intento de construcción de un indicador general de ciencia y tecnología de este tipo es propuesto por Tomizawa (1996).

caso de indicadores complejos, donde una cierta correlación puede esconder o neutralizar las relaciones existentes entre los distintos componentes de los diferentes índices involucrados.

Los hechos señalados debilitan la utilización de este tipo de análisis para la construcción de indicadores de impacto social de la ciencia y tecnología, y llama la atención acerca de la necesidad de analizar con mucho cuidado los resultados de estos ejercicios.

5.2. Análisis de la oferta

La pregunta acerca de la existencia de una oferta de investigaciones dirigidas a la resolución de problemas sociales, puede ser abordada con una metodología similar a la propuesta en el apartado 4.2.

Para ello, deben analizarse las definiciones de “campos de aplicación” y de “objetivos socioeconómicos” para identificar aquellos que puedan ser considerados como de *impacto social*. A partir de esto, deberá efectuarse una propuesta de desagregación de estas clasificaciones a niveles de mayor detalle, con el objeto de poder relacionar de manera más precisa la oferta de conocimientos con las demandas de la sociedad.

Muy pocos países de América Latina cuentan con datos globales acerca de la distribución del gasto en ciencia y tecnología por objetivo socioeconómico. Sin embargo, para analizar el problema de la oferta de investigaciones con potencial impacto social, pueden utilizarse las bases de datos de proyectos de I+D, algo más comunes en los países de la región. En Argentina, en particular, se cuenta para esto con la base de datos del programa de incentivos a los docentes investigadores, que recopila todos los proyectos en ejecución en las universidades nacionales (SPU, 1998).

Existe también la posibilidad de inquirir acerca de la oferta potencial del sector científico tecnológico en un país y en un momento dado, a partir de definir, a priori, ciertas áreas científicas que más probablemente puedan dar respuesta a posibles demandas sociales, y luego constatar su peso relativo en el sistema.

Esta estrategia requiere aún una elaboración más compleja, ya que necesita, al menos, la realización de estudios de naturaleza prospectiva.

Como se ha expresado en el apartado 4.2, existen fuertes cuestionamientos a estas estrategias, que si bien permitirían conocer mayores detalles acerca de la orientación de las investigaciones en curso, no brindarían una aproximación concreta al impacto real de la ciencia y tecnología.

5.3. La demanda y aplicación

La Declaración de la Conferencia Mundial de la Ciencia (UNESCO, 1999), reconoce

“la siempre creciente necesidad de conocimiento científico en la toma de decisiones pública y privada, incluyendo especialmente el influyente rol que cumple la ciencia en la formulación de decisiones políticas y de regulación.”

En este marco, la pregunta acerca de la demanda y aplicación de conocimiento científico-tecnológico en la resolución de cuestiones sociales, se hace especialmente importante. Para abordarla, se requiere de una serie de definiciones previas.

En primer lugar, hay que definir los actores involucrados, especialmente aquellos potencialmente demandantes de conocimiento para su aplicación en la órbita social.

En segundo lugar, se requiere un modelo que permita representar el proceso completo de esta demanda de conocimiento, incluyendo el proceso de su aplicación, es decir, la generación del impacto social.

En tercer lugar, una vez que se cuenta con un modelo que explica en forma acabada el proceso, se requiere detectar los parámetros que deben ser medidos.

a) Actores

En el proceso de innovación tecnológica, el actor central está claramente definido, y es único: la empresa productiva de bienes (según la primera versión del Manual de Oslo, OCDE, 1992) o de servicios (según la segunda versión, que incorpora estas, OCDE, 1996b).

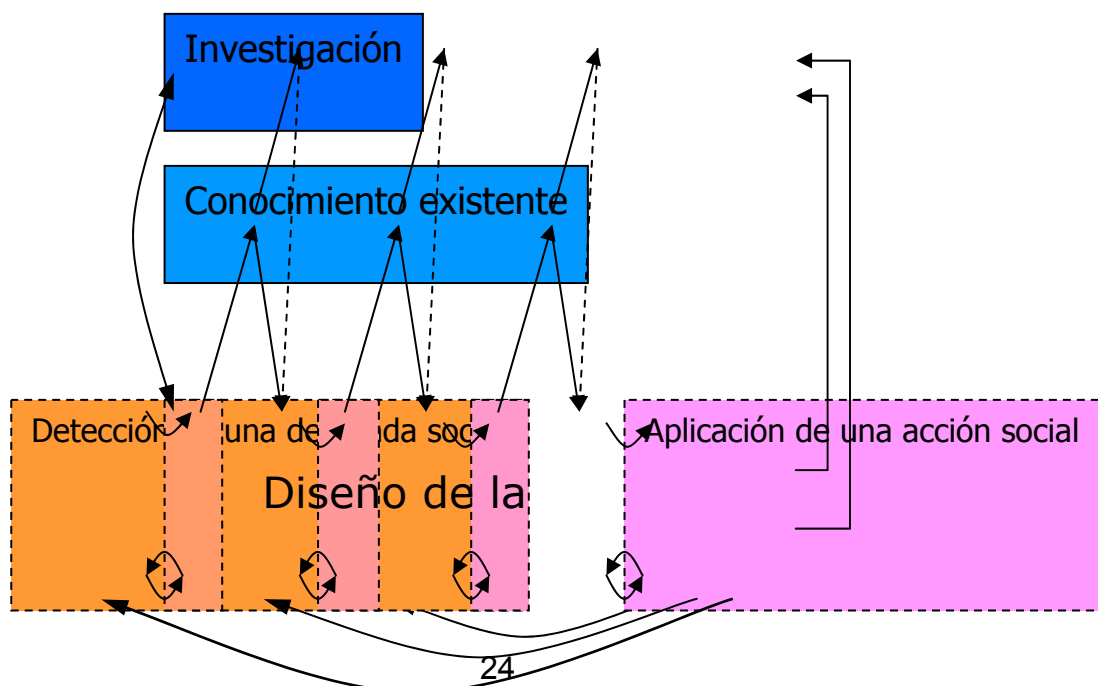
Siguiendo a Oszlak y O'Donnell (1995), la resolución de “cuestiones” de índole social, involucra políticas públicas y “privadas”. Los actores centrales de estas políticas son, según el caso:

- Públicos, es decir, dependencias estatales encargadas de políticas sociales existentes en los distintos niveles de la administración pública, tanto nacional, como provincial y municipal, y
- Privados, generalmente no lucrativos, como organizaciones no gubernamentales (ONGs) que realizan acciones en el campo de lo social, organizaciones barriales y vecinales, cooperativas, etc.

b) Modelo

Para representar el proceso de demanda de conocimiento, y de su aplicación en la esfera de lo social, se propone adaptar el modelo “en cadena” de la innovación tecnológica propuesto por Kline y Rosenberg (OCDE, 1996a), reseñado en el apartado 3.3.

Gráfico 3:



Si bien el proceso interno en los actores encargados de la aplicación de conocimiento a la esfera de lo social difiere significativamente del “ciclo de vida de la innovación tecnológica”, representado en el modelo citado, la lógica de encadenamiento, con *idas y vueltas* entre cada etapa, puede ser pensada de manera similar.

En el modelo propuesto (Gráfico 3), este proceso va desde la detección de una demanda social, hasta la aplicación de una acción explícita que pretende responder a ella, pasando por el diseño de esta acción, en sus diferentes fases. Estas etapas se condicen con las identificadas por Oszlak y O'Donnell (1995) para la trayectoria de una “cuestión”: surgimiento, desarrollo y resolución. Las principales *idas y vueltas* se registran precisamente durante el proceso de diseño (desarrollo) y entre la aplicación (resolución) y el diseño.

Complementariamente, también la relación de este proceso con el sistema de innovación puede ser considerada en forma análoga al modelo de Kline y Rosenberg. Esto implica que, en cada fase del proceso, los actores recurren, en primera instancia, al conocimiento existente para la solución de los problemas de distinta naturaleza. Solamente si no encuentran una respuesta en ese *pool de conocimiento existente*, recurren a la I+D.

Al presentar este modelo se ha evitado explícitamente considerarlo como un modelo que refleja el impacto social de la ciencia y tecnología en su conjunto. Como surge del presente trabajo, este modelo únicamente permite aproximarse a un aspecto de este impacto, en particular aquel que involucra a ciertos actores públicos y privados que tienen como objetivo atender demandas sociales.

c) Parámetros y aplicación del modelo

Para definir los parámetros de medición, se puede utilizar como modelo el Manual de Oslo (OCDE, 1996b) y adaptarlo al nuevo modelo propuesto. Por lo tanto, la herramienta principal de medición sería, en principio, una encuesta a los actores definidos.

Los parámetros a relevar estarían relacionados, entre otros, con:

- la identificación de las fuentes de conocimiento para la solución de los problemas que aparecen en el proceso de diseño y aplicación de acciones en el campo de lo social,
- la relación de los actores involucrados con las universidades y los institutos de I+D,
- la realización de actividades propias de I+D por parte de los actores.

Un problema central es la necesidad de identificar, a partir de acciones de cambio social efectivamente llevadas a cabo en el pasado por los actores, qué parte o *quantum* corresponde al conocimiento científico y tecnológico incorporado. Para esto, puede pensarse en una estrategia de relación entre los resultados de las acciones y el conocimiento incorporado oportunamente, de manera similar a la relación existente entre crecimiento en la facturación de una empresa y su gasto en innovación.

Existen, a priori, una serie de dificultades que deben ser tenidas en cuenta. En el caso de las instituciones públicas, es relativamente complicado establecer el universo, debido a las diferencias existentes entre los distintos niveles de la administración, la dispersión geográfica y el número de municipios existentes, en el caso de Argentina.

Por otra parte, en el caso de Argentina, cabe señalar que, si bien los actores privados pueden identificarse a partir de registros que administran la personería jurídica de las organizaciones de este tipo en los que constan los objetivos de cada organización, la mayoría de las ONG cuentan con recursos muy limitados y bajo nivel de profesionalización en su gestión. Esto podría ser un inconveniente para el éxito de un relevamiento que las involucre. En este sentido, podría limitarse en un primer momento el relevamiento a las organizaciones de mayor tamaño.

La definición de los parámetros particulares a ser relevados y la metodología a utilizar excede el ámbito del presente trabajo y queda como una asignatura pendiente, para un futuro manual latinoamericano de indicadores de impacto social de la ciencia y tecnología.

6. Conclusiones

La medición del impacto social de la ciencia y tecnología no ha sido objeto de demasiada literatura hasta el presente. Sin embargo, se cuenta con algunas experiencias en el área, principalmente en países desarrollados.

El abordaje de esta problemática a través de un nuevo modelo, que retoma ideas utilizadas por diversos autores para representar el proceso de innovación tecnológica y las aplica al proceso de diseño y aplicación de acciones sociales permite alejarse de los preceptos del “modelo lineal”, así como de los principios ofertistas vigentes en el pasado.

Este modelo permitirá avanzar en la comprensión del modo en que el conocimiento científico y tecnológico es utilizado para la resolución de problemas sociales y, a la vez, avanzar en la cuantificación del impacto social de la ciencia y tecnología.

Sin embargo, este modelo no deja de ser una propuesta teórica, y deberá ser puesto a prueba en el futuro.

El análisis del problema de la medición del impacto social de la ciencia y tecnología deja pendiente, también, ciertas cuestiones en las que profundizar. En primer lugar, deberá analizarse en qué medida el impacto social debería ser el *leitmotiv* de la política científica y tecnológica en países periféricos. En segundo lugar, los resultados del presente trabajo insinúan una respuesta al dilema del *trade-off* entre la política científica y tecnológica y otras políticas de alto impacto social. Esta respuesta parece indicar que, pudiendo cuantificar mejor la forma y el grado de utilización del conocimiento científico y tecnológico en las distintas políticas públicas, se legitima a la ciencia y tecnología en su naturaleza horizontal y transversal.

Bibliografía

Albornoz, Mario (1994), Indicadores en ciencia y tecnología, REDES Vol. I, No. 1, Buenos Aires.

Arboleda, Jaime (1999), Informe final de la pasantía sobre indicadores de ciencia y tecnología, mimeo, RICYT, Buenos Aires.

Banco Mundial (1999), Informe sobre el desarrollo mundial. El conocimiento al servicio del desarrollo, Washington D. C.

Becerra, Martín (1998), La vía europea hacia la Sociedad de la Información, REDES Vol. V, No. 12, Buenos Aires.

Bernal, John D. (1964), Historia social de la ciencia. Ed. Península, Barcelona.

Bush, Vannevar (1945), Science - The Endless Frontier: A Report to the President on a program for Postwar scientific Research, Office of Scientific Research and Development, Washington D. C.

Edge, David (1995), "Reinventing the wheel" en Handbook of Science and Technology Studies, Jasanoff, S. et al., Londres.

Estebanez, María Elina (1998), La medición del impacto de la ciencia y la tecnología en el desarrollo social, Documento presentado al Segundo Taller de Indicadores de Impacto Social de la Ciencia y la Tecnología, RICYT, La Cumbre.

Itzcovitz, Victoria, Fernández Polcuch, Ernesto, Albornoz, Mario (1998), Propuesta metodológica sobre la medición del impacto de la CyT sobre el desarrollo social, Documento presentado al Segundo Taller de Indicadores de Impacto Social de la Ciencia y la Tecnología, RICYT, La Cumbre.

Kostoff, Ronald (1995), The handbook of research impact assessment, Office of Naval Research, Arlington VA.

Kostoff, Ronald (1998), Science and Technology Metrics, Office of Naval Research, Arlington VA.

Kreimer, Pablo (1997), Lo universal y el contexto en la investigación científica, mimeo, Universidad Nacional de Quilmes.

Latour, Bruno (1991), Nunca hemos sido modernos, Ed. Debate, Madrid.

Licha, Isabel (1994), Indicadores endógenos de desarrollo científico y tecnológico, y de gestión de la investigación, en Martínez, Eduardo (ed.), Ciencia, tecnología y desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas, Nueva Sociedad, Caracas.

Mahdjoubi, Darius (1997), Linear Model of Innovation, ICBC, October.

Merton, Robert K. (1973), La sociología de la ciencia. Alianza Ed., Madrid.

OCDE (1990), Método normalizado propuesto para la recogida e interpretación de los datos sobre balanza tecnológica de pagos, París.

OCDE (1992), Principios básicos propuestos para la recogida e interpretación de datos de innovación tecnológica, Manual de Oslo, 1ª Edición, París.

OCDE (1993), Manual de Frascati, Método normalizado propuesto para las encuestas de investigación y desarrollo experimental, 5ª Edición, París.

OCDE (1996a), La innovación tecnológica: definiciones y elementos de base, dossier en REDES, Vol. III, No. 6, Buenos Aires. Originalmente publicado en París, 1992, en el marco de la serie The Technology and the Economy Program (TEP).

OCDE (1996b), Principios básicos propuestos para la recogida e interpretación de datos de innovación tecnológica, Manual de Oslo, 2ª Edición, París.

Oszlak, Oscar, O'Donnell, Guillermo (1995), Estado y políticas estatales en AI: hacia una estrategia de investigación, REDES, Vol. II, No. 4, Buenos Aires.

PNUD (1997), Informe sobre Desarrollo Humano 1997, Mundi-Prensa, Madrid.

Salomon, Jean-Jacques (1970), Ciencia y Política, Ed. Siglo XXI, México.

Salomon, Jean-Jacques (1994), Tecnología, diseño de políticas, desarrollo, REDES, Vol. I, No. 1, Buenos Aires.

SPU (1998), Programa de Incentivos, Resultados de los proyectos de investigación, Buenos Aires.

Tomizawa, Hiroyuki y Niwa, Fujio (1996), Evaluating overall National Science and Technology activity: General Indicator of Science and Technology (GIST) and its implications for S&T policy, Research Evaluation, Vol. 6, N. 2, Beech Tree Publishing, Surrey.

UNESCO (1984), Guía de las Estadísticas relativas a la Ciencia y la Tecnología, París.

UNESCO (1999), Draft Declaration on Science and the Use of Scientific Knowledge, World Conference on Science, Budapest.

Velho, Lea (1994), Indicadores científicos: aspectos teóricos y metodológicos, en Martínez, Eduardo (ed.), Ciencia, tecnología y desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas, Nueva Sociedad, Caracas.

Vessuri, Hebe (1991), Perspectivas recientes en el estudio social de la ciencia, Interciencia, Vol. 16, No. 2.

Woolgar, Steve (1991), Ciencia: Abriendo la caja negra, Ed. Anthropos, Barcelona.

Ziman, John (1986), Introducción al estudio de las ciencias. Los aspectos filosóficos y sociales de la ciencia y la tecnología, Ed. Ariel, Barcelona.