Hacia la construcción de un

Observatorio de ciencia y tecnología

Xavier Polanco, Dominique Vinck, Manuel Medina, Sandra Brisolla, Nohora Narváez- Berthelemont, Jean Baptiste Meyer, Jorge Charum, Hernán Jaramillo

COLCIENCIAS

Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología

HACIA LA CONSTRUCCIÓN DE UN OBSERVATORIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Hacia la construcción de un Observatorio de Ciencia y Tecnología

Esta es una publicación del Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, Colciencias.

Diseño de carátula: Héctor Prado, Tercer Mundo Editores

Editores: Relatores Asociados

Primera edición: Santa Fe de Bogotá, Colombia, abril de 1996

ISBN: 958-9037-44-5

Edición, armada electrónica,
impresión y encuadernación:
Tercer Mundo Editores

Impreso y hecho en Colombia
Printed and made in Colombia

ÍNDICE

PRÓLOGO

Fernando Chaparro
Director General, COLCIENCIAS

El interés por los indicadores de desarrollo científico y tecnológico ha surgido de dos fuentes diferentes. Por un lado, los estudiosos del desarrollo de la ciencia y de la innovación y el cambio técnico han buscado diversas formas de *medir* diferentes aspectos de los procesos bajo análisis. De las investigaciones realizadas en sociología de la ciencia, historia de la ciencia y análisis económico del cambio técnico, han surgido diversos indicadores que buscan reflejar o medir aspectos tan variados como los siguientes: la dinámica del desarrollo de la comunidad científica, el comportamiento de esta comunidad, la productividad de la actividad científica (publicaciones y patentes), el grado de inserción de la comunidad científica de un país en la ciencia mundial (integración a redes transnacionales), el grado de difusión y adopción del conocimiento y la tecnología desarrolladas por la investigación, el impacto de dicha tecnología, la dinámica del cambio técnico, la evolución de la productividad y el papel de la tecnología en dicho proceso, el ritmo de innovación que caracteriza sectores productivos específicos, y la competitividad medida a nivel de empresa, de cadena productiva o de un país. La amplia gama de temas y de indicadores refleja el hecho que en las sociedades contemporáneas la ciencia y la tecnología permean

todo el tejido social, y forman parte integrante de toda actividad humana.

Alrededor de este interés ha surgido un nuevo campo de investigación, basado en el estudio de la ciencia como institución social, en el análisis de la evolución del conocimiento desde una perspectiva epistemológica, y en el estudio de los procesos de innovación y cambio tecnológico. Este último aspecto ha ganado en importancia a medida que ha crecido nuestra comprensión sobre el proceso que lleva de la generación del conocimiento, a su utilización y aplicación en el sector productivo y en los múltiples campos en donde se usa la tecnología. Esta evolución se refleja en los recientes conceptos y teorías sobre la dinámica del cambio técnico y los procesos de innovación, y sobre el papel que desempeñan las *redes y sistemas de innovación* en dichos procesos. También ha generado el desarrollo de nuevos instrumentos analíticos, como los relacionados con la cienciometría y la infometría, donde se ha buscado ir más allá del análisis cuantitativo de publicaciones, abordándose el análisis de los contenidos cognitivos en este proceso.

Una segunda fuente de interés se encuentra en la necesidad de información que generan las actividades relacionadas con la formulación de políticas y de programas de desarrollo científico y tecnológico, así como la gestión y la evaluación de estas actividades. Los organismos de política científica y tecnológica y las propias instituciones de investigación, requieren del uso de indicadores, tanto de naturaleza cuantitativa como cualitativa, para sus actividades de planeación, asignación de recursos financieros, seguimiento y evalua-

ción. Con este fin se han desarrollado una serie de indicadores relacionados con los recursos que se dedican a la investigación (financieros y humanos), la distribución de dichos recursos, la rentabilidad de la inversión en investigación medida a través de la tasa de retorno de dicha inversión y de otros indicadores, y el impacto socio-económico de los programas y proyectos de investigación y desarrollo tecnológico. Este último punto se ha desarrollado a medida que el interés por la evaluación ha crecido, como una de las funciones centrales de la *gestión de la investigación* y de la *gestión de tecnología*.

Recientemente ha habido una convergencia entre los esfuerzos que se han venido desarrollando a partir de estas dos vertientes de análisis, hecho que ha enriquecido los dos enfoques. Esto ha permitido el desarrollo de indicadores más sofisticados, así como el paso de indicadores simples a indicadores compuestos. Estos últimos buscan expresar la *relación entre variables críticas* del desarrollo científico y tecnológico, y no simplemente la medición de un aspecto particular analizado en forma aislada, como puede ser el caso de los recursos financieros dedicados a la investigación, o el número de publicaciones que se generan. Los indicadores compuestos buscan medir la relación que se da entre actividades científicas y tecnológicas, y el resultado o impacto que dichas actividades logran alcanzar. Este es el caso de los estudios sobre productividad y los factores que la condicionan, sobre la relación entre investigación e innovación, o sobre la rentabilidad de la inversión en ciencia y tecnología.

En el sector agropecuario se ha generado una extensa literatura relacionada con la dinámica del cambio técnico, y con la relación que existe entre inversión en investigación, desarrollos tecnológicos, crecimiento en los rendimientos de cultivos agrícolas y por lo tanto en la producción, y desarrollo socio-económico. Los problemas metodológicos que surgen al establecer y analizar dichas relaciones han sido bastante significativos. Sin embargo, se ha dado una importante evolución por medio de los crecientes esfuerzos que realizan las instituciones de investigación agropecuaria de la región en lo referente a evaluación de la investigación agropecuaria y al establecimiento de prioridades para la asignación de recursos financieros.

Ya son clásicos los trabajos que se hicieron en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE, al final de la década de los sesenta en este campo, de donde surgió el *Manual Frascati* como uno de los primeros esfuerzos de formalizar la definición de conceptos e indicadores relacionados con la medición de las actividades científicas y tecnológicas en estos países. En América Latina y el Caribe los primeros esfuerzos en esta dirección se realizaron en la década de los setenta. Bajo el patrocinio del Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico de la OEA se llevaron a cabo en muchos países de la región los llamados *Inventarios o Censos Nacionales de Actividades Científicas y Tecnológicas*. En el caso de Colombia, COLCIENCIAS realizó dos inventarios nacionales en esa época, el primero de ellos en 1974 y el segundo en 1978. La OEA y la UNESCO suministraron apoyo a los países de la región, sobretodo en aspectos metodológi-

cos y en la adaptación del Manual Frascati al contexto latinoamericano.

La experiencia de inventarios o censos nacionales fue descontinuada por varias razones. Entre ellas vale la pena mencionar el costo de estos esfuerzos, el poco desarrollo conceptual que había en esta materia, el uso exclusivo de indicadores simples, y el relativamente escaso uso que se hizo de la información recolectada. Este último punto se debió a la débil relación entre estos esfuerzos y las funciones de formulación de políticas, asignación de recursos financieros y gestión de la ciencia y la tecnología, ya sea en organismos de política científica, en centros de investigación, o en empresas. El estudio de la ciencia y de la dinámica del cambio tecnológico era muy incipiente, por lo cual no había una comunidad de investigadores interesados en este tema que pudieran contribuir a su desarrollo.

El énfasis en el concepto de *estadísticas científicas y tecnológicas* constituye otra de las limitaciones de estos primeros esfuerzos, lo que conlleva una visión estática del desarrollo en este campo. No existiendo series históricas que se pudieran utilizar, ni modelos analíticos que permitieran un análisis multivariado, lo que las estadísticas permitían era tener una radiografía simple de los recursos dedicados a la ciencia y la tecnología, y de su distribución.

A lo largo de la década de los ochenta el interés cambió paulatinamente de *inventarios*, a estudios e investigaciones sobre el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Este esfuerzo fue generando una mayor participación de la comunidad científica en estos trabajos, y una mejor comprensión de los factores que inci-

den en el proceso de generación, difusión, uso y aplicación del conocimiento.

Con base en estos anteriores trabajos y en la evolución que tuvieron, en los noventa el contexto que se confronta es diferente. El concepto de *estadísticas* científicas y tecnológicas ha sido remplazado por el de *indicadores* del desarrollo en este campo, y por el de *Observatorio de la Ciencia y la Tecnología*. Este enfoque implica una visión más dinámica del proceso de desarrollo científico y tecnológico, basada en el análisis de las relaciones entre diferentes aspectos y variables que inciden en este proceso. Implica, así mismo, un enfoque interdisciplinario, donde el análisis sociológico, económico y político se relaciona estrechamente con el análisis del conocimiento científico y tecnológico de la disciplina o proceso bajo consideración.

Con el fin de adelantar un análisis del estado del arte en materia de indicadores de ciencia y tecnología, con especial énfasis en los indicadores necesarios para orientar las políticas en ciencia, tecnología e innovación en los países de la región, COLCIENCIAS, la Red Iberoamericana de Indicadores en Ciencia y Tecnología (RICYT) del Programa CYTED y la OEA organizaron conjuntamente el *Segundo Taller Iberoamericano sobre Indicadores en Ciencia y Tecnología* en Cartagena de Indias, en Colombia (abril 24 al 26 de 1996).

Como una primera etapa de este proceso, a finales de 1995, Colciencias y el Departamento Nacional de Planeación, DNP, organizaron el *Taller Preparatorio "Hacia la Construcción de un Observatorio de la Ciencia y la Tecnología en Colombia"*. En esta publicación se presentan los trabajos que un destacado grupo de investiga-

dores y estudiosos del tema prepararon para dicha reunión.

A través de la presentación de las experiencias en diversos países, los artículos que se incluyen en esta publicación buscan aportar al debate sobre los principales temas pendientes en esta materia: diseño y construcción de indicadores, normalización de los principales conceptos que se utilizan, recolección de la información necesaria utilizando métodos ágiles y sencillos, tratamiento de dicha información, modelos analíticos para la interpretación de estos indicadores, relación entre indicadores cuantitativos y cualitativos, y uso de los indicadores en la formulación y evaluación de políticas de desarrollo científico y tecnológico y en la gestión de la investigación y de la tecnología.

Especial énfasis se pone en la utilización, valorización y cruzamiento de datos a través de mecanismos como el de los *Observatorios de la Ciencia y la Tecnología.* Para tal fin, se destaca la necesidad de ir más allá de indicadores de insumo (*input*), abordando el análisis de los resultados (*output*) de la investigación y del desarrollo tecnológico. A través de este último aspecto se hace el puente con el análisis de la innovación y del cambio tecnológico, tanto en el sector productivo como en el sector social.

Además de contribuir a adelantar el conocimiento sobre indicadores sobre su construcción y utilización, el segundo taller busca crear un sistema interamericano e iberoamericano de indicadores de ciencia y tecnología. Dicho sistema consistiría en una red de bases de datos en la región sobre diversos aspectos del desarrollo científico y tecnológico, así como de personas e ins-

tituciones relacionadas tanto con la generación de información como con el uso de indicadores. Además de bases de datos, la red debe contar con *polos* o centros interesados en el análisis de esta información, con una posible especialización temática entre ellos.

La importancia de contar con un sistema de información a nivel regional fue recientemente destacada en la *Reunión Hemisférica de Ministros Responsables de la Ciencia y la Tecnología* (Cartagena, marzo 28 y 29 de 1996). El proceso de internacionalización de la ciencia y la creciente importancia de la cooperación en este campo, son dos características del mundo contemporáneo que generan la necesidad de contar con un sistema de información de esta índole.

Hacia la construcción de un observatorio de ciencia y tecnología en Colombia

Hernán Jaramillo Salazar
Subdirector de Programas Estratégicos
Colciencias, Colombia.

CONSIDERACIONES GENERALES: CONOCIMIENTO Y DESARROLLO

Estamos viviendo en un mundo donde el conocimiento y sus múltiples aplicaciones se han convertido en elementos centrales de la sociedad contemporánea. La ciencia, entendida como una forma de conocimiento orientada a comprender, explicar y transformar tanto al hombre como el entorno en que vive, ha dejado de ser una actividad de interés únicamente para los científicos, para convertirse en componente inseparable de la cultura universal y del desarrollo contemporáneo. En este nuevo contexto la ciencia y la tecnología se han convertido en un factor de cambio y crecimiento económico. Debidamente orientadas, se traducen en desarrollo y bienestar. El conocimiento generado por la ciencia tiene múltiples repercusiones en la vida cotidiana, reflejándose en el mejoramiento de las condiciones de vida, en la producción y en una mayor eficiencia de las instituciones. La capacidad que tiene una sociedad para consolidar su legado intelectual y para generar y aplicar conocimiento, se aprecia en la efectividad de sus respuestas a los desafíos que enfrenta.

El manejo adecuado del conocimiento, el desarrollo tecnológico y el aumento de la productividad constituyen la base del crecimiento moderno y de la

competitividad internacional. El acceso a la tecnología avanzada, a los recursos financieros y a un mercado cada vez más amplio, brinda oportunidades y retos para la inserción de los países en desarrollo a la nueva dinámica mundial, siempre y cuando se impongan requisitos más rigurosos y elevados de capacidad tanto para la generación como para el uso del conocimiento y el aprovechamiento de sus resultados. Es claro que a medida que los términos de intercambio evolucionan y las economías de los países se mueven hacia sectores más intensivos en información y conocimiento, el desarrollo científico y tecnológico se torna en factor clave para poder participar de manera efectiva en el escenario internacional.

El conocimiento en sus múltiples formas es el componente más importante de lo que los economistas han llamado *el factor residual* para explicar el crecimiento económico, más allá del papel que desempeñan los factores clásicos de producción como el capital, la tierra y el trabajo. El vínculo entre ciencia, producción y competitividad se da a través de aumentos en productividad, en calidad, en sostenibilidad de la producción, y en la capacidad para diseñar y desarrollar nuevos productos, procesos y servicios que respondan a las necesidades de la sociedad o a las demandas del mercado.

Las nuevas teorías de comercio internacional y de crecimiento han permitido desarrollar cuerpos de conocimiento sobre la adaptación y creación de tecnologías en países semi-industrializados y el desarrollo de modelos de *crecimiento endógeno*, en los cuales la acumulación de conocimiento juega el papel fundamental en la expansión de la actividad económica agregada.

Hoy se habla por tanto de las economías de escala dinámicas, en contraposición con las teorías de economías de escala estáticas y de economías externas. Como ya se indicara anteriormente, la naturaleza de la nueva literatura sobre crecimiento, indica que las economías de escala dinámica está asociada fundamentalmente con la acumulación de conocimiento, y por lo tanto, de *capital humano*. Este proceso puede estar asociado al aprendizaje por experiencia pero también a esfuerzos conscientes de educación y creación de conocimiento. Para ello es necesario que existan externalidades sectoriales o macroeconómicas asociadas a su acumulación.

El planteamiento anterior nos conduce a establecer que el elemento central en la dinámica del vínculo entre ciencia y desarrollo, lo constituye la formación de capital humano.

Los recursos humanos apoyados por una infraestructura institucional científica y tecnológica, redes de información, y con una vinculación activa en la sociedad, constituyen lo que se puede denominar *el capital social de la investigación y el desarrollo científico y tecnológico*.

Ahora bien, el rasgo característico de la ciencia y la tecnología actual es la capacidad colectiva de un número cada vez mayor de individuos, asociados a grupos e instituciones para la producción y aplicación del conocimiento. La estabilidad en el largo plazo de este proceso está garantizado por la capacidad de reproducción, ampliación y consolidación de una comunidad científica y tecnológica.

Para el fortalecimiento de la ciencia y la tecnología, así como para la consolidación de las comunidades respectivas se tiene que implementar diversos mecanis-

mos y estrategias complementarios entre sí, con el fin de poder abordar en forma coherente y consistente el desarrollo de verdaderos *Sistemas Nacionales de Ciencia y Tecnología*. De allí que el financiamiento a programas, proyectos y actividades de investi- gación y desarrollo tecnológico; el apoyo a la creación y consolidación de grupos y centros de excelencia de investigación e innovación, mediante el fortalecimiento de la infraestructura física y humana; la promoción de la innovación tecnológica en el sector productivo; la formación de recursos humanos para el quehacer científico y tecnológico; deban ser partes integrantes de políticas nacionales y regionales que se conciban de manera sistémica y coherente, como única alternativa de poder tener un impacto relevante y sostenible en el largo plazo.

Existen tres niveles de soporte para el fortalecimiento y el desarrollo de la ciencia y la tecnología: el apoyo institucional a los centros y grupos de investigación e innovación tecnológica; el apoyo a los programas, proyectos y actividades científicas y tecnológicas; y el apoyo a la formación y consolidación de recursos humanos de excelencia. Estos niveles definen las tres dimensiones críticas que intervienen en el proceso de generación, difusión y aplicación del conocimiento: el contexto institucional; la actividad científica y tecnológica que se desarrolla; y el recurso humano a cargo de dicha actividad.

INFORMACIÓN Y CONOCIMIENTO

La información y el conocimiento adquieren así una relevancia de gran significación en el dimensionamiento e implicaciones del concepto del *capital social de la inves-*

tigación. Tanto los científicos sociales como los encargados de la formulación de políticas enfrentan en forma permanente el problema de la identificación, medición, causalidad y predicción de las distintas actividades que emergen de la sociedad, más aún cuando existe la necesidad permanente de distinguir los conceptos individuales y agregados en la interpretación de diferentes fenómenos sociales y económicos y poder así establecer su medición, con el objetivo de poder crear modelos interpretativos para la toma de decisiones. Es indiscutible que una gran fuente de confusión y tensión es la distinción que tiene que hacerse en la toma de decisiones a nivel individual por los agentes de una sociedad, y a nivel de la sociedad como un todo. La relación entre estos dos aspectos es aún más compleja si se tiene en cuenta que en la mayoría de los casos existe un lapso considerable de tiempo entre las acciones que se realizan a nivel individual, de grupo o institucional, y la modificación del marco social causada por ellas. De allí la necesidad permanente de la articulación que debe existir entre los fenómenos micro y macro de una sociedad.

En consecuencia, para poderlos analizar , y tomar así decisiones de política en forma acertada, coherente y consistente, se hace necesario disponer, por una parte de sistemas de información, que permitan construir indicadores adecuados, que logren captar tanto los aspectos macro, como las especificidades de lo micro, y sus interrelaciones. La formulación de modelos, de teorías y representaciones, conducentes a recomendaciones de políticas, serán tan existosas en cualquier actividad de la sociedad, como lo permita la confiabili-

dad de sus indicadores. Hay que advertir sin embargo, que el diseño apropiado de los mismos, no garantiza por sí mismo el éxito de la formulación de modelos, teorías y recomendaciones de políticas que en un momento determinado se implementen; pero sin estos indicadores es imposible tener éxito en el manejo y la conducción del desarrollo socioeconómico.

Muy pocas veces se cuenta con medidas exactas de una actividad determinada, especialmente cuando se trabaja a niveles agregados. De ahí la necesidad de hablar de indicadores y no de simples medidas, puesto que el primer término implica un cierto grado de inexactitud. Ahora bien, la limitación de un indicador no constituye un problema en sí mismo, siempre y cuando se tenga claridad sobre ella, para poder corregir las inexactitudes existentes en el análisis interpretativo.

Todo proceso de medición tiene su culminación en la formulación de interpretaciones de la realidad, que se basan precisamente sobre los resultados de los indicadores obtenidos. En este sentido, los indicadores son estadísticas que sirven para describir en forma resumida determinadas características de un fenómeno específico, expresados generalmente como relaciones entre variables. Teóricamente los indicadores deben ser válidos, verificables, pertinentes, sensibles, específicos, eficaces y oportunos. De acuerdo con estas características se podría afirmar que son pocos los indicadores que cumplen con todos estos criterios, y por tanto, la selección de los mismos exige una comprensión de las necesidades particulares de información que en un momento determinado se busca responder.

La sociedad ha avanzado más en algunos de sus sectores en cuanto a la construcción de indicadores, metodologías y modelos interpretativos, así como en la creación de la conciencia y necesidad que desempeñan en la toma de decisiones y en la construcción de políticas. El sector de la ciencia y la tecnología no puede estar ajeno a este desarrollo, máxime cuando esta variable desempeña hoy en día un papel fundamental en el desarrollo económico y social. Varios retos se plantean: creación de conciencia social, dentro de una concepción de bien público, de la necesidad de la construcción y utilización de indicadores de ciencia y tecnología; avances conceptuales y metodológicos para su construcción; desarrollo de modelos interpretativos de la información generada; utilización tanto en los aspectos descriptivos del quehacer científico y tecnológico, como en los aspectos de comprensión, evaluación y seguimiento; inserción y relacionamiento con los indicadores globales del comportamiento del desarrollo económico y social; utilización de los mismos en la toma de decisiones de política por parte del Estado, de las instituciones y de los agentes que participan en estas actividades; y finalmente, definición de modelos institucionales para su organización y producción. Particular importancia adquiere en este contexto la necesidad de apropiarse del conocimiento más avanzado en cuanto a desarrollos metodológicos en la construcción de indicadores y modelos de análisis que permitan por una parte, capturar las particularidades propias del desarrollo científico y tecnológico del país, sin perder de vista su comparabilidad internacional.

La necesidad de fundamentar las decisiones en el campo de la política científica y tecnológica ha sido una reciente preocupación en el ámbito nacional. Esta necesidad ha sido objeto de múltiples reflexiones a nivel del Estado, de las instituciones del conocimiento y de los grupos de investigación mismos. El interés por articular el quehacer de los diferentes actores presentes en el campo de la ciencia y la tecnología ha orientado las decisiones que se han concretado en nueva legislación a nivel del Estado, en las nuevas regulaciones que se generan en las instituciones del conocimiento y en las normas, implícitas o explícitas, que se dan en los propios grupos de investigación para ubicarse en las áreas y en las temáticas en donde sus competencias creativas puedan ser optimizadas y valoradas.

Así, las nuevas orientaciones políticas en los niveles macro (nacional), meso (institucional y regional), y micro (grupos de investigación, unidades productivas), han llevado a establecer que la noción de Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología debe considerar los intereses presentes en el campo, su articulación y la capacidad de evaluación y orientación de las decisiones por parte de los diferentes actores de la sociedad que participan directamente en la construcción del quehacer científico y tecnológico. La noción de polo ha contribuido a precisar la situación: el polo científico, caracterizado por la producción de conocimientos; el polo tecnológico que integra, transforma y busca valorizar los conocimientos; y el polo del mercado que busca satisfacer las necesidades de las demandas sociales, establecen crecientes relaciones que vinculan a actores que anteriormente aparecían aislados.

El avance en la clarificación de las orientaciones de las políticas en sus tres niveles, en la comprensión de sus necesarias o deseables articulaciones y en la caracterización de los actores y sus intereses, ha hecho aparecer con mayor fuerza las carencias en cuanto a la información científica y tecnológica para fundamentar las decisiones, debatir sobre las políticas de investigación e innovación y elaborar sus estrategias. En efecto, comienza a ser cada vez más claro que la comprensión de las dinámicas cognitivas regionales o nacionales, de la evolución de las temáticas según las diferentes áreas del conocimiento o de la tecnología, del posicionamiento de un país y su inserción en las dinámicas internacionales, son base fundamental de la realización de los estudios estratégicos y de prospectiva y de las opciones prácticas que de ellos se derivan, funciones esenciales de una política científica y tecnológica, y que para ello es necesario contar con una información de calidad, actualizada, confiable y pertinente.

¿POR QUÉ UN OBSERVATORIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA?

Disponer de un *Observatorio de la Ciencia y la Tecnología*, como modelo organizacional que pueda responder por la producción de indicadores científicos y tecnológicos es hoy en día, una necesidad para quienes quieren reflexionar, definir y evaluar una estrategia o una política científica y tecnológica.

El *Observatorio de la Ciencia y la Tecnología* es una organización que tiene como finalidad acumular información, darle valor agregado y generar indicadores sobre el estado y las dinámicas de la ciencia y la

tecnología. Su posición privilegiada debe permitirle mirar en perspectiva la totalidad de las actividades en el campo de la ciencia y la innovación, y generar elementos que permitan la construcción de políticas en los niveles macro, meso y micro referenciados anteriormente.

El *Observatorio* debe, por tanto, ser una organización que hace parte del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Con carácter nacional, debe responder a la necesidad de concebir, definir y producir indicadores científicos y tecnológicos que permitan generar un conocimiento cuantitativo del Sistema como un todo, así como de sus particularidades, de su posición nacional e internacional, que contribuyan a establecer las dinámicas de asociación, de producción de resultados y que alimenten las decisiones, los análisis estratégicos y las orientaciones y prácticas en cada uno de los diferentes niveles que componen la política científica y tecnológica y su evaluación.

El *Observatorio de la Ciencia y la Tecnología* no es una organización de evaluación, aunque provee elementos para su realización. Es una entidad que alimenta el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y que es retroalimentada por las mismas instancias e instituciones que hacen parte de él, genera indicadores, pero su uso para la evaluación y seguimiento corresponde a instancias e instituciones externas a él. Sus productos deben ser aportes investigativos a la investigación y a la innovación. Esto significa que debe establecer vínculos con los investigadores e innovadores y con los grupos que tengan interés por el desarrollo de la ciencia y la tecnología, con el fin de conducir una reflexión propia sobre

los indicadores, sus límites y posibilidades interpretativos.

La difusión, la divulgación y la diseminación pública de los resultados logrados debe hacerse periódicamente y estar acompañada de la exposición de las definiciones y de los métodos y conceptos subyacentes en su elaboración. De esta manera tendrá el *Observatorio* legitimidad y representatividad en la descripción y calificación de las actividades de ciencia y tecnología.

Responder a las necesidades de información percibidas en los niveles macro, meso y micro de las actividades científicas y tecnológicas es un reto que debe ser asumido por el *Observatorio*, no solamente con el fin de orientar decisiones, sino para incentivar la capacidad de respuesta a las necesidades, tanto de la política nacional, como de las de los diferentes actores de la investigación y la innovación. La oferta de indicadores construidos debe corresponder a la demanda que desde los niveles mencionados constituyen los diferentes tipos de usuarios. El *Observatorio* contribuye a la comprensión del desarrollo de la ciencia y la tecnología, así como a la integración de las variables de ciencia y tecnología a las del desarrollo social y económico. La información que genera deviene en una condición necesaria de la optimización colectiva de una sociedad.

El propósito de un *Observatorio* debe tener la capacidad de responder a las particularidades nacionales de la ciencia y la tecnología de un país, sin perder la perspectiva de su integración a las dinámicas internacionales del conocimiento y la innovación. En este sen-

tido debe documentar las necesidades nacionales y responder a la comparabilidad y visibilidad internacional.

Generar una conciencia de los beneficios colectivos de producción y valorización de la información es uno de los resultados implícitos más importantes de la actividad del *Observatorio*, y en este sentido se constituye en un lugar privilegiado desde donde se llega, por la acumulación alcanzada y debida, a los aportes de las partes que lo conforman y a lograr una perspectiva de la totalidad del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, que difícilmente se logra desde una posición local o regional. El reto es el de la agregación a partir de la particularidad, y ese es el vínculo de lo nacional, regional y local. La ventaja de esta concepción es que se logra presentar la visión nacional integrando las perspectivas regionales y locales, y a su vez, permite que en los polos regionales y locales se desarrolle la perspectiva científica y tecnológica en su propia función pero sin perder de vista la perspectiva nacional. Se trata así de que lo nacional integre lo regional y lo local, y al mismo tiempo que lo regional y local se desarrolle teniendo en cuenta la perspectiva global. Esta es la esencia y el axioma fundamental de la información y los indicadores, y por tanto del *Observatorio*, como bien público. Es la única manera de lograr un autoconocimiento, alcanzar el conocimiento y el reconocimiento de los diversos actores y de sus actividades y de obtener beneficios y externalidades, de operar conjuntamente. En este sentido el *Observatorio* no solamente debe hacer parte del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología, sino debe estar vinculado a éste.

Las necesidades a las que debe responder el *Observatorio* se pueden clasificar en:

— Las *necesidades internas* al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Se trata de generar la información que permita caracterizar el Sistema en cuanto a sus relaciones, su estructuración interior, sus finalidades y los actores y sus características, la estructura de su financiamiento según los sectores de ejecución, así como la comprensión de las instituciones del conocimiento y la innovación, según sus orientaciones, temáticas y dinámicas propias. Además de la caracterización del Sistema y sus relaciones, es indispensable la generación de información para la toma de decisiones y la construcción de políticas en el campo científico y tecnológico.
— Las *necesidades externas* al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Este Sistema mantiene relaciones con otras dimensiones del Estado, la cultura y la sociedad, vinculadas con las metas de desarrollo económico y social, y las cuales hay que dilucidar y explicitar. La capacidad de orientación de políticas por parte del Estado, y de reflexión por parte de la sociedad, sobre las opciones del desarrollo se verán incrementadas si se comprenden los procesos de valorización del conocimiento, y las mediciones que permiten la integración de los resultados obtenidos a través de la investigación y la innovación en nuevas formas de producción, en nuevos productos y en su circulación, consecuencia de las innovaciones tecnológicas, o en la creación de nuevas formas sociotécnicas que regulen compor-

tamientos con base en la socialización del resultado del quehacer científico, o en la comprensión de la realidad social y cultural.

— La necesidad de *conocer el posicionamiento internacional*. Dentro de la creciente globalización de la economía mundial es fundamental el conocimiento de la posición que ocupa el país dentro de la producción mundial de conocimientos, su valoración y observación de las dinámicas de las corrientes mundiales del desarrollo científico y tecnológico, con el objetivo no solamente de seguir las tendencias y movimientos de los paradigmas y avances de la tecnología mundial, sino con el propósito de definir estrategias y políticas para su inserción y relacionamiento con las mismas. Las redes de conocimientos, de innovación, de cooperación y asociación, de circulación del conocimiento y de los flujos mundiales de la tecnología son otros tantos elementos que deben ser objeto de una intensa reflexión para establecer estrategias de desarrollo y orientar las decisiones que las instituciones, los grupos de investigación y las mismas empresas puedan tomar dentro de un mundo que se transforma incesante y rápidamente.

La información generada a través de los indicadores transformados y sistematizados por el *Observatorio*, tienen un grupo de usuarios perfectamente definidos: los responsables de la generación y conducción de las políticas nacionales e institucionales; los investigadores y las instituciones del conocimiento en donde habitan los grupos de investigación; los empresarios; y

finalmente los grupos y actores de la sociedad que ven transformadas sus condiciones técnicas y sociales.

La producción de información básica por parte de las diferentes instituciones, debe ser objeto de negociación y convenios para asegurar, a partir de nomenclaturas comunes, y metodologías homogéneas, la continuidad de su producción. La participación de todas las entidades y actores institucionales con intereses en la información generada y transformada por el *Observatorio*, permitirá avanzar en la construcción de una información primaria que lo alimentará. Las instituciones asociadas tendrán así el doble carácter de asociadas a la vida del *Observatorio* y de usuarias de sus resultados. Cada una de las instituciones participa del *Observatorio* depositando la información parcial que genera, pero a la vez se beneficia socialmente de la información global transformada y que da cuenta de la totalidad del sistema científico y tecnológico, de sus particularidades y relaciones con el conjunto de la sociedad.

La información primaria, que constituye el insumo principal del *Observatorio*, debe ser generada por organismos e instituciones externas al mismo, y debe provenir de bases de datos ya estructuradas, en proceso de estructuración, o que deben ser construidas. Las encuestas periódicas y los estudios de caso, son otra fuente importante de información. En este sentido se trata de capitalizar sobre lo existente o lo que está en construcción, bajo la idea central de que el *Observatorio* no produce la información básica, sino que le da valor agregado en su procesamiento, creando una información interna homogénea metodologicamente y que se alimenta de diversas fuentes, para lo cual se debe ase-

gurar la comparabilidad entre las informaciones o bases de datos que maneja y que de esta manera permita su análisis por el relacionamiento y cruce de todos los corpus de datos especializados. Desde el punto de vista del tratamiento de la información se hace imprescindible tener una única base central relacional, la base del *Observatorio*, conformada por corpus de datos, interrogable desde diferentes intereses, y desde las perspectivas teóricas de la investigación en el campo de la sociología de la ciencia, de la tecnología, de la economía de la innovación y el cambio técnico, y finalmente de la política científica y tecnológica.

Para el tratamiento de la información primaria, su reconfiguración e incorporación se requieren dos ejercicios independientes pero complementarios:

— Realizar la transformación simple que permita integrarla a la base de datos central, tratándose en este sentido de recuperación de datos sin procesamiento, excepto para hacerla compatible. Es un proceso únicamente de homogenización e inclusión. Los indicadores que se producen de la realización de este proceso son prácticamente la simple reproducción de los que ya han sido construidos por las fuentes externas de la información básica, pero que adquieren un nuevo significado cuando son relacionados con otros datos o indicadores.
— Incorporar la información básica haciendo previamente un tratamiento que no sólo permita la homogenización y compatibilización con la base central de datos, sino que implique también un tratamiento que permita su integración para la producción de información elaborada. Se requiere

aquí de una capacidad para desagregar y reconfigurar los datos primarios. Los indicadores así construidos son resultados elaborados a partir de tratamientos orientados desde nociones y conceptos. Este tipo de indicadores permite avanzar en la caracterización de las dinámicas de ciencia y tecnología.

Las modalidades de homogenización, incorporación e integración de la información básica, exigen, en todos los casos conocimientos y tratamientos especializados y específicos del campo científico y tecnológico.

Los resultados de la actividad de un *Observatorio* deben, entonces, ser objeto de una difusión pública, a través de publicaciones periódicas, de informes y en seminarios con especialistas en el campo con el fin de presentar los indicadores, las opciones teóricas y metodológicas que han precedido su construcción para mostrar su validez, sus limitaciones y potencialidades.

Los indicadores de ciencia y tecnología

Básicamente los indicadores pueden describir cuatro elementos de la actividad de investigación e innovación:

— Los actores de la investigación y el desarrollo tecnológico: investigadores, innovadores, grupos y laboratorios de investigación e innovación y los institutos y centros de investigación y desarrollo tecnológico (las organizaciones del conocimiento).
— Los programas, la construcción de estrategias cognitivas, y sus acciones pasadas o en construcción.

gurar la comparabilidad entre las informaciones o bases de datos que maneja y que de esta manera permita su análisis por el relacionamiento y cruce de todos los corpus de datos especializados. Desde el punto de vista del tratamiento de la información se hace imprescindible tener una única base central relacional, la base del *Observatorio*, conformada por corpus de datos, interrogable desde diferentes intereses, y desde las perspectivas teóricas de la investigación en el campo de la sociología de la ciencia, de la tecnología, de la economía de la innovación y el cambio técnico, y finalmente de la política científica y tecnológica.

Para el tratamiento de la información primaria, su reconfiguración e incorporación se requieren dos ejercicios independientes pero complementarios:

— Realizar la transformación simple que permita integrarla a la base de datos central, tratándose en este sentido de recuperación de datos sin procesamiento, excepto para hacerla compatible. Es un proceso únicamente de homogenización e inclusión. Los indicadores que se producen de la realización de este proceso son prácticamente la simple reproducción de los que ya han sido construidos por las fuentes externas de la información básica, pero que adquieren un nuevo significado cuando son relacionados con otros datos o indicadores.
— Incorporar la información básica haciendo previamente un tratamiento que no sólo permita la homogenización y compatibilización con la base central de datos, sino que implique también un tratamiento que permita su integración para la producción de información elaborada. Se requiere

aquí de una capacidad para desagregar y reconfigurar los datos primarios. Los indicadores así construidos son resultados elaborados a partir de tratamientos orientados desde nociones y conceptos. Este tipo de indicadores permite avanzar en la caracterización de las dinámicas de ciencia y tecnología.

Las modalidades de homogenización, incorporación e integración de la información básica, exigen, en todos los casos conocimientos y tratamientos especializados y específicos del campo científico y tecnológico.

Los resultados de la actividad de un *Observatorio* deben, entonces, ser objeto de una difusión pública, a través de publicaciones periódicas, de informes y en seminarios con especialistas en el campo con el fin de presentar los indicadores, las opciones teóricas y metodológicas que han precedido su construcción para mostrar su validez, sus limitaciones y potencialidades.

Los indicadores de ciencia y tecnología

Básicamente los indicadores pueden describir cuatro elementos de la actividad de investigación e innovación:

— Los actores de la investigación y el desarrollo tecnológico: investigadores, innovadores, grupos y laboratorios de investigación e innovación y los institutos y centros de investigación y desarrollo tecnológico (las organizaciones del conocimiento).
— Los programas, la construcción de estrategias cognitivas, y sus acciones pasadas o en construcción.

— Las producciones: publicaciones, innovaciones, patentes, formación y reproducción, y en síntesis las diferentes formas de la socialización de los resultados del quehacer científico y tecnológico.
— La valoración de las transacciones del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.

Junto a las medidas del nivel de actividad es preciso construir otros indicadores con una orientación más estratégica que tiendan a ubicar las fortalezas y las debilidades de los actores, que pongan en evidencia las características de las actividades desplegadas, las interacciones entre los actores, sus comunidades, las redes en permanente configuración. Además los indicadores deben integrar una dimensión temporal que haga posible realizar análisis longitudinales para establecer las dinámicas cognitivas, sociales y sociocognitivas en las que se insertan las acciones de los actores.

La construcción de indicadores responde entonces a la posibilidad de integrar la capacidad de generar estrategias por parte de los organismos responsables de la orientación de las actividades de investigación e innovación, de las instituciones y de los grupos de investigación, a partir de una información pública, disponible para que pueda ser apropiada e integrada y que permita tomar decisiones autónomas más fundamentadas y orientadas a la optimización de las competencias presentes en la sociedad.

La concepción y la construcción de indicadores demanda una gran variedad de competencias específicas. Su utilización cuidadosa también exige el conocimiento de las teorías y nociones que guían el procesamiento de datos primarios y su concreción en datos numéricos

provenientes de diferentes fuentes. Las exigencias de normalización de la información, de su armonización y homogenización para permitir análisis globales, la generación de nomenclaturas aceptadas por todos, que es el resultado de múltiples negociaciones y convenios con el exterior y de deliberaciones en el interior, delimitan el campo de la interpretación y el espacio de usos válidos.

Los indicadores son información elaborada, regulada en su construcción por concepciones teóricas y metodológicas a partir de información básica generada por organismos e instituciones. La definición y la construcción de indicadores pertinentes, confiables, actualizados y precisos debe considerar los modelos conceptuales que vinculan la ciencia y la tecnología con la sociedad y la integración y las reflexiones e investigaciones que sobre esta vinculación se realizan regional, nacional e internacionalmente. Es esto lo que constituye su fuerza descriptiva y su capacidad orientadora.

La literatura sobre la construcción de indicadores, sus usos y limitaciones es abundante y ha ocupado la atención de la sociología de la ciencia de manera permanente. Así mismo los esfuerzos metodológicos en su construcción han sido importantes. Sin embargo existe una preocupación común sobre la relevancia y posibilidades para su implementación en países que no cuentan con la información de base de manera consistente y confiable, producto en gran parte del escaso desarrollo, visibilidad internacional, institucionalización y consolidación de sus comunidades científicas y tecnológicas.

La coincidencia en las familias de indicadores es grande. La divergencia en su construcción metodológica, en los modelos interpretativos, y en la aprehensión de los fenómenos que mide es sustancial. Sin embargo, la búsqueda de adaptaciónes metodológicas, de corpus teóricos, y de aplicación de técnicas modernas de medición e interpretación para la construcción de indicadores, se constituye hoy en día en un elemento central de preocupación para la consolidación de los Sistemas Nacionales de Ciencia y Tecnología y para el quehacer de la ciencia y la innovación en la sociedad. Varios elementos confluyen: viejas ideas para un nuevo debate; nuevas ideas para una vieja discusión. Y el hilo conductor, la legitimación social del vínculo conocimiento y desarrollo.

El conjunto de familias de indicadores de ciencia e innovación se han agrupado alrededor de indicadores de insumo; de estado de situación; de carácter dinámico; de producción y resultados; de seguimiento y evaluación; de cooperación y de comparabilidad. Esta lista de familias corresponde a diferentes orientaciones y propósitos de los indicadores y señalan desde su enumeración misma, perspectivas teóricas que orientan su producción.

Más allá del contenido específico que se integra en cada una de las familias de los indicadores mencionados, y el cual es amplio en la literatura y manuales metodológicos construidos, es importante tener en cuenta los cuatro elementos centrales que constituyen el concepto de *capital social de la investigación y el desarrollo científico y tecnológico*: los recursos humanos; la infraestructura institucional científica y tecnológica; las redes

de información y su entorno social. Por tanto se requiere desde la perspectiva del conjunto de familias de indicadores, poder analizar la dinámica, comportamiento y características de las cuatro relaciones anteriores. Y así como se hace necesario tener una dimensión sobre los recursos humanos dedicados a la ciencia y la tecnología, con sus respectivos perfiles y características; sobre el comportamiento de los recursos financieros dedicados al desarrollo científico y tecnológico; y sobre su infraestructura física e institucional; producción científica (a través de los análisis bibliométricos), patentes, balanza de pagos tecnológica, introducción de nuevos productos y procesos, apertura de nuevos mercados producto de la innovación tecnológica, reorganización de nuevas industrias o ramas industriales y mediciones de competitividad, es fundamental poder capturar información sobre las dinámicas de los grupos de investigación e innovación, sus características y tendencias, sus asociaciones y relaciones, sus flujos de conocimiento, sus procesos de construcción, consolidación y relacionamiento, así como sus capacidades de reproducción, ampliación y consolidación.

Se da cuenta de la estructuras y dinámicas de la comunidad científica y tecnológica, de su capacidad de desarrollo y consolidación, de la producción de su conocimiento y los resultados producidos por su quehacer, así como del estado, desarrollo y tendencias de las diversas disciplinas y áreas del conocimiento.

Esta visión de la ciencia en la sociedad debe ser completada desde el punto de vista de su valoración, en la construcción de un sistema de cuentas nacionales de ciencia y tecnología. El punto de partida debe ser la

organización de la información en un marco general de consistencia con el sistema económico de contabilidad nacional, definiendo, por una parte, el nivel de desagregación de los agentes involucrados, ya sean estos las empresas, el gobierno central, y los gobiernos regionales y locales, las universidades y los centros privados de investigación, las entidades financiadoras y el sector externo. Es necesario establecer para cada uno de estos agentes, las transacciones que se realizan ya sean corrientes o de capital, construyendo un marco contable, con el fin de determinar los diferentes tipos de transacciones que se dan, sus usos y aplicaciones. La consolidación de los ingresos y gastos se debe resumir en diversos agregados macroeconómicos, que no solamente puedan ser incorporados por los responsables de la construcción del sistema económico, sino utilizados por los analistas del mismo. En síntesis se trata de esta manera de vincular el sector de ciencia y tecnología en su relacionamiento con los otros sectores de la actividad económica y poder establecer el impacto de la actividad de ciencia y tecnología en el crecimiento económico y en el desarrollo de la sociedad.

Para esta construcción se requiere iniciar un esfuerzo metodológico que trascienda la simple determinación del gasto en ciencia y tecnología, así como desarrollar un sistema de información que apunte a este propósito.

Finalmente, el otro gran cuerpo de análisis es el de la construcción institucional de conocimiento. De allí que se requiere recabar información sobre las instituciones de investigación y desarrollo tecnológico, en cuanto a sus hitos de desarrollo, sus variables de éxito,

sus cambios organizacionales y de paradigmas, y sus estrategias y formas de socialización del conocimiento generado, en el entendido que la ciencia y la tecnología, hoy más que en el pasado, necesita hospedarse en las instituciones o en los grupos por razones tales como su creciente complejidad, la tecnología involucrada, la confluencia de diversas disciplinas, métodos y enfoques para la solución de problemas y el tiempo implicado.

La cooperación internacional y regional

Con el objetivo de resolver las tensiones entre la visibilidad internacional y el desarrollo de las comunidades científicas y tecnológicas nacionales, preocupación permanente del debate en la sociología de la ciencia, se requieren los esfuerzos de cooperación internacional entre los países desarrollados y en desarrollo, así como la de estos últimos entre sí, para mantener la propia especificidad y particularidad del estadio de desarrollo en que se encuentra la ciencia y la tecnología en cada uno de los países sin perder la rigurosidad en la medición y producción de indicadores. Esto lleva a realizar esfuerzos en la construcción de redes latinoamericanas, con vínculos estrechos con la comunidad internacional, para dar cuenta desde lo más avanzado del conocimiento, de las realidades científicas y tecnológicas nacionales.

En este contexto, se parte del reconocimiento de la importancia de la cooperación, en el sentido de buscar la complementariedad entre las capacidades y los esfuerzos existentes y la construcción de metodologías e indicadores que permitan no solamente fortalecer los Sistemas Nacionales de Ciencia y Tecnología de cada

país, sino también permitir la visibilidad de los mismos a nivel internacional, con el propósito último de poder compartir la capacidad instalada, su infraestructura humana y física y las experiencias y conocimientos existentes entre los países en desarrollo.

En este esfuerzo fundamental, que contribuye de manera significativa a la comprensión de la situación, perspectivas y tendencias científicas y tecnológicas existentes en la región, se ha venido consolidando la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología-RICYT, y el grupo de indicadores de ciencia y tecnología de la OEA, con el apoyo de las experiencias de los países desarrollados en este campo. Se trata de compartir experiencias en la construcción de indicadores, desarrollar metodologías homologables para su comparabilidad internacional y realizar conjuntamente proyectos de innovación y de formación de recursos humanos en esta área del conocimiento.

EXPERIENCIAS Y ORIENTACIONES DE OBSERVATORIOS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN FRANCIA

Dominique Vinck
Centro de Investigación en Innovación Socio-técnica y Organizaciones Industriales, CRISTO. *Francia*

Disponer de un observatorio de ciencias y de técnicas es, hoy en día, una necesidad para todos aquellos que quieren reflexionar, definir y evaluar una estrategia o una política científica y técnica.

Me referiré a dos experiencias de Observatorios de Ciencia y Tecnología en Francia: la del Observatorio de Ciencias y de Técnicas, OST, de nivel nacional y la del Observatorio del Polo Científico y Técnico de Grenoble, OSST, de nivel local.

EL OBSERVATORIO DE CIENCIAS Y DE TÉCNICAS DE FRANCIA, OST

Creado en 1990, está constituido por una Agrupación de Interés Público que asocia a once miembros fundadores, entre Ministerios y Organismos Nacionales de Investigación, los cuales están representados dentro del Consejo de Administración del Observatorio. Ellos son:

— Ministerio de Investigación y de Tecnología
— Ministerio de Defensa
— Ministerio de Economía y Finanzas, a través del INSEE, un organismo de estadística
— Ministerio de Industria y de Fomento de los Recursos del País

- Ministerio de Correos y Telecomunicaciones a través del Centro Nacional de Estudios de Telecomunicaciones, CNET
- Centro Nacional de Investigación Científica, CNRS
- Centro Nacional de Estudios Espaciales CNES
- Comisariado para la Energía Atómica, CEA
- Instituto Nacional de Salud y de Investigación Médica, INSERM
- Instituto de Investigación Agronómica, INRA
- Agencia Nacional de Investigación Tecnológica, ANRT

Estos miembros definen las orientaciones del OST y proporcionan los recursos humanos y financieros que necesita. El Observatorio no depende, pues, de un Ministerio en particular. Su objetivo es federar los esfuerzos de sus diferentes organismos.

Misión

El observatorio se ha planteado dos objetivos muy claros:

1. Construir indicadores científicos y técnicos con el fin de producir un conocimiento cuantitativo sobre el Sistema de Investigación y Desarrollo (I&D) y el de Innovación. La idea es mejorar el conocimiento del entorno de las ciencias y la tecnología, para alimentar los procesos de investigación y de tratamiento de la información científica y tecnológica, así como del análisis estratégico y de evaluación.
2. Describir el Sistema Nacional de Investigación y Desarrollo (I&D) y de Innovación, apoyado en una relación estrecha con sus organismos miembros. Se

trata de producir una representación del conjunto del Sistema Nacional y ofrecer una información complementaria con respecto a la que posee cada organismo.

Acciones

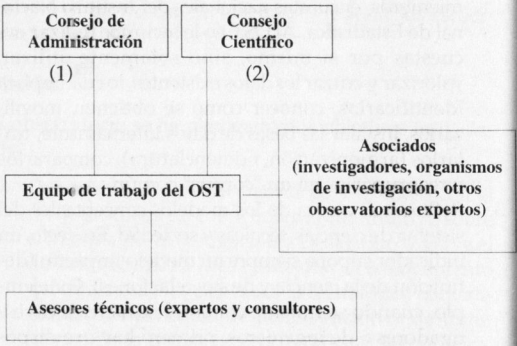
Las actividades del OST se han centrado en diferentes acciones puntuales:

1. Concebir y definir indicadores "macro", así como métodos *ad hoc* de recolección, tratamiento e interpretación de datos.
2. Trabajar a partir de datos existentes. Bases de datos nacionales e internacionales, datos de organismos miembros, encuestas nacionales del Instituto Nacional de Estadística. Al OST no le incumbe realizar encuestas por sí mismo, sino solamente utilizar, valorizar y cruzar los datos existentes, lo cual implica identificarlos, conocer cómo se obtienen, movilizarlos, instalar las bases de datos internamente, tratarlos (armonización, nomenclatura), compararlos y reagruparlos en un "corpus" común.
3. Reflexionar acerca de los modelos conceptuales del sistema de ciencias, técnicas y sociedad. En efecto, un indicador supone siempre un modelo implícito (definición de la ciencia y de sus relaciones). Por ejemplo, cuando se trata de contar el número de investigadores o de ingenieros, primero hay que disponer de una definición de lo que es un investigador o un ingeniero. Ahora bien, estas definiciones varían de un organismo a otro y están vinculadas a concepciones diferentes de la ciencia y la técnica.

Así mismo, se trata de reflexionar acerca de las relaciones entre análisis cualitativo y cuantitativo. Por esto, conviene trabajar multidisciplinariamente, con economistas del cambio técnico, sociólogos de las ciencias y de las técnicas y politólogos.

4. Construir indicadores en estrecha relación con la demanda. Conviene entonces organizar la demanda y permitirle manifestarse.
5. Ser confiable. De nada sirve producir cifras si no son confiables. Aquí es esencial el trabajo con expertos en lo que respecta a los modelos conceptuales y a las metodologías.

ORGANIGRAMA



(1) El Consejo de Administración (CA) determina las orientaciones. Sus miembros tienen un acceso privilegiado a los datos y a las infraestructuras del OST.
(2) El Consejo Científico garantiza la calidad científica del trabajo.

ESQUEMA FUNCIONAL

Concepción	Producción	Difusión
Seminario de investigación	Proyectos sectoriales	Informe Carta Obras
Seminario interno	Tratamiento de datos	Expedientes
Seminario de método		Publicaciones según pedido

Los seminarios reúnen a los investigadores y a los expertos. El OST se compone de un equipo reducido, interno, pero trabaja con una amplia red de colaboradores.

La producción se organiza alrededor de proyectos sectoriales, es decir, de "*corpus*" de datos específicos.

Las bases de datos

En el núcleo del OST existe un conjunto de bases de datos, que pueden reagruparse en cinco categorías.

1. Los datos provenientes de las encuestas nacionales. Se destacan entre ellas: la encuesta "Investigación Pública Francesa" que agrupa los datos financieros y el empleo en los organismos públicos de investigación. Esta encuesta se realiza desde 1985; la encuesta "Investigación y Desarrollo (I&D) Industrial en Francia" agrupa los datos sobre personal, recursos y gastos en I&D de 2.000 empresas y la encues-

ta "Innovación" que agrupa datos sobre la introducción de la innovación en una población de 20.000 empresas. Comprende, así mismo, datos que permiten caracterizar y posicionar las empresas.

2. Los datos bibliométricos. Comprende diferentes bases de datos de nivel internacional. El Science Citation Index, SCI, la base de datos bibliográficos, que comprende unas cuatro millones de publicaciones, registradas desde 1981. El OST dispone internamente de algunos de sus archivos. La EPAT, base de datos de patentes europeas que comprende unas 500.000 patentes registradas desde 1980 y la UPSAT; base de datos de patentes estadounidenses, con información recopilada desde 1973.
3. Datos estadísticos sistemáticos. Comprende aquella información suministrada por universidades francesas las cuales, desde 1980, tienen datos sobre el número de estudiantes y profesores. Asimismo, por parte del sector industrial se cuenta con datos sobre los recursos humanos en el ámbito de ciencia y tecnología en la industria: personal, formación y profesión. Finalmente es necesario señalar las estadísticas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE, parámetros macro-económicos, investigación y desarrollo (I&D) industrial por sector, comercio industrial bilateral, indicadores de ciencia y tecnología, realizaciones técnicas macro-económicas.
4. Datos producidos por el OST a partir de múltiples fuentes, entre ellas la movilidad internacional de los científicos (estudiantes, investigadores, profesores); empresas multinacionales: agrupación en

un corpus común según la empresa, sin importar el lugar en el cual se localicen las filiales; programas europeos de investigación y desarrollo; citas de artículos científicos en las patentes; importancia relativa de seis países destacados en diferentes frentes de investigación; ciencia y tecnología del medio ambiente: publicaciones, patentes, recursos humanos y financieros; y grandes programas tecnológicos nacionales.

5. Datos regionales. Comprende las estadísticas por región, o por polo de desarrollo: la reagrupación por polo es pertinente, más aún cuando hay grandes centros de investigación en ciencia y tecnología en una misma región. Es lo que sucede en la región de Ródano-Alpes (Rhône-Alpes), que comprende dos grandes ciudades universitarias: Lyon y Grenoble.

LOS MEDIOS

Humanos	Personal proporcionado por los organismos miembros Red de investigadores y de expertos Asociados en proyectos específicos Prestadores de servicios (expertos o empresas)
Materiales	Capacidad de almacenamiento informático Capacidad de tratamiento de la información (PC, Mac, Estaciones UNIX) Redes informáticas

La capacidad de acceso a la información, así como la de almacenamiento y tratamiento de ésta deben ser adecuadas, a fin de poder tratar los datos internamente. Así mismo, el equipo central debe tener las competencias necesarias para la instalación y aprovechamiento de estas bases de datos.

Teniendo en cuenta que el universo de usuarios es bastante amplio, pues en él se encuentran investigadores, organismos de I&D, expertos, servicios de política científica e instituciones locales, el OST ofrece una serie de publicaciones para su permanente actualización.

El Informe del OST es una publicación bianual que presenta un conjunto de indicadores sobre el sistema científico y técnico francés, las regiones y los polos, el continente europeo, la posición de Francia en el mundo. Estos datos cubren las actividades públicas y privadas: recursos, gastos, actores, relaciones, publicaciones, patentes, contratos, intercambios, así como un cierto número de mapas y de relaciones de proporción.

La Carta del OST es un boletín con un tiraje de más de 1.000 ejemplares, destinado a tener informados a sus asociados sobre las actividades del observatorio y a presentar algunos de sus resultados.

Los Expedientes tratan sobre una temática particular (el medio ambiente, las pequeñas y medianas empresas, etc.), mientras que los cuadernos abordan problemas más cercanos a la investigación teórica o metodológica.

EL OBSERVATORIO DE POLO CIENTÍFICO Y TÉCNICO DE GRENOBLE, OSST

Si el Observatorio Nacional encuentra su pertinencia en la necesidad de producir una imagen global del sistema científico y técnico francés, también los observatorios locales tienen su propia pertinencia. Grenoble, con 400.000 habitantes, comprende un gran número de instituciones de investigación y de enseñanza universitaria entre ellos tres universidades, nueve escuelas de ingenieros, una escuela de arquitectos y otra de comercio, ocho organismos nacionales de investigación y algunos laboratorios internacionales. A comienzos de la década de 1990, la necesidad de conocer mejor el polo de Grenoble se hizo sentir, a fin de definir allí, para el futuro, una política o una estrategia científica concertada.

En octubre de 1992, parte de estos establecimientos se asoció para crear una Agrupación de Interés Público. Comprende doce miembros, entre los cuales hay varias autoridades territoriales: la ciudad de Grenoble, el conjunto de los municipios, el Consejo del Departamento y el Consejo de la Región.

Misión

Las misiones de esta Agrupación de Interés Público llamado "Polo Universitario y Científico Europeo" son las siguientes:

1 Promover la investigación
2 Mejorar la calidad de vida de sus habitantes
3 Incrementar la apertura internacional
4 Mejorar la visibilidad y conocimiento del polo

Esta última misión se traduce en varios tipos de acción:

Acciones

1 Grupos de reflexión transversales, interdisciplinarios e interinstitucionales, por ejemplo sobre las ciencias de la vida, los materiales, la transferencia de tecnología, los grandes equipos científicos, las ciencias cognitivas, etc.
2 Una red de bibliotecas
3 Una información y una apertura hacia estudiantes y públicos adultos
4 Un observatorio del Polo Científico y Técnico.

El principal objetivo de este observatorio del polo es mejorar su conocimiento produciendo, por un lado, datos e indicadores y, por otro, una representación global y confiable de las actividades científicas y técnicas del conjunto de los establecimientos de la región. Un primer trabajo de agrupamiento de los datos se centró en las poblaciones de estudiantes, profesores e investigadores. Gracias a este estudio se obtuvo una información de la que nadie disponía antes. Por ejemplo, datos producidos por el OSST de Grenoble, muestran que la región cuenta con 530.000 estudiantes de los cuales el 11% son extranjeros, 16% de postgrado y 55% de toda la población estudiantil se dedica a las ciencias sociales y letras.

De 13.000 empleados en la investigación y en la enseñanza superior, 4.000 son investigadores de tiempo completo, 2.000 son profesores, y 3.000 son doctoran-

tes. Además, el OSTT encontró un total de 4.000 empleados en la investigación industrial.

El mismo ejercicio debe llevarse a cabo, mejorándolo, con otros indicadores, en colaboración, en particular, con el OST nacional.

Contar los estudiantes y los investigadores puede parecer una tarea fácil. En realidad dista de serlo, pues se necesita un importante trabajo de definición y armonización de los datos de cada alumno y establecimiento. Así, por ejemplo hay que saber la época en que se deben contar los estudiantes: cuando se inscriben en septiembre o cuando pasan sus exámenes en junio. Importantes variaciones aparecen en el transcurso del año y entre una institución y otra. Conviene, pues, llegar a acuerdos con las instituciones y armonizar la manera de contar los estudiantes.

El mismo problema se plantea cuando se trata de contar los investigadores: ¿qué es lo que llamamos un investigador? Algunos organismos distinguen entre investigadores, profesores-investigadores, ingenieros de investigación, ingenieros de estudio, etc. Allí también es necesario un previo trabajo de definición.

Cuando se trata de incluir actividades de ciencia y tecnología dentro de disciplinas particulares aparecen otros problemas. Así, por ejemplo, algunos clasifican la geografía dentro de las ciencias de la naturaleza, otros dentro de las ciencias sociales. Así mismo, las ciencias del universo quedan borradas frecuentemente cuando se clasifican por disciplinas de base únicamente. Las ciencias del universo pierden entonces la visibilidad que ellas mismas se esfuerzan por construir.

Estos problemas subrayan la necesidad de disponer de un equipo y de un observatorio cuya función es la de velar por la calidad y por la comparabilidad de los datos: movilizar, armonizar, recolectar, tratar, presentar estos datos, etc.

El observatorio local puede también ser el lugar de innovación en términos de concepción de los indicadores: indicadores de movilidad (geográfica, institucional e intelectual), de entramado del territorio entre las instituciones, de visibilidad. El OST nacional podría valorar la experiencia local y luego sugerirla para la creación de otros observatorios locales.

¿PARA QUÉ SIRVEN ESTOS OBSERVATORIOS?

Para conocerse, situarse, saber y anticipar las evoluciones, definir una política y una estrategia, evaluar las acciones emprendidas e incrementar su visibilidad.

Sin embargo, la producción de datos cuantitativos sólo tiene sentido si se inscribe en diversos procesos de análisis estratégico, de evaluación, de elaboración de política científica, de investigación teórica y metodológica en las cuales se crucen y se confronten estos datos con otras informaciones y se sometan a distintos ensayos de interpretación.

La información científica y las necesidades de la investigación: El caso del instituto nacional de información científica y técnica, INIST

Xavier Polanco
Investigador del INIST. Centro Nacional de la Investigación Científica de Francia, CNRS. Francia

Las relaciones entre la información y la investigación se establecen por el uso de indicadores basados en la información científica y tecnológica y en la información bibliográfica, es decir, el análisis cuantitativo de la literatura científica para establecer indicadores relativos a la producción de esas actividades de investigación en la medida en que estas investigaciones se traducen en publicaciones.

La infometría se encarga de hacer este estudio. Info, se refiere al concepto de información, en términos de la teoría matemática de la información (Shannon). Esta teoría pertenece a la llamada ciencia del ingeniero y forma parte de la vida de las computadoras. Cuando se trata de analizar la tecnología, la información llega hasta la información bibliográfica, es decir, la literatura científica y técnica: artículos, tesis, informes, notas o patentes. La metría significa la utilización de técnicas cuantitativas. En particular son técnicas matemáticas estadísticas fundadas en teorías de probabili-dades.

Este artículo describe el programa de investigación de infometría, creado en 1992 en el Instituto Nacional de Información Científica y Técnica, INIST bajo mi responsabilidad. Explicaré sus características generales, su función, sus objetivos y su aporte hacia una ingeniería del conocimiento. Se trata de ir del simple análisis

cuantitativo de la literatura científica, a una ingeniería del conocimiento, para poder trabajar no al nivel de los documentos, sino al del contenido cognitivo, es decir, a los conocimientos se comunican a través de los textos. Finalmente me referiré a las técnicas de análisis de la información que hemos desarrollado y al sistema tecnológico concebido que está siendo puesto en práctica al interior del INIST, un servicio del Centro Nacional de Investigación Científica, CNRS, en Francia.

EL GRUPO DE TRABAJO

En el CNRS trabajan 25 mil personas. Su misión científica es pluridisciplinaria, a diferencia de los institutos especializados en una rama o campo científico particular. Cuando este organismo fue creado por el grupo de Joliot Curie, hacia 1939, se concibió la idea de crear un centro de documentación para aportar la información necesaria a los investigadores. Este centro de documentación se convirtió en el Instituto de la Información Científica y Técnica, INIST, en el cual trabajan 400 personas recolectando, almacenando y difundiendo la información francesa y mundial.

En el INIST se sitúa nuestro grupo de investigadores, compuesto por seis personas de doble competencia, es decir, cada uno de nosotros es informático y al mismo tiempo está especializado en un campo científico (química, biología, ciencia de la información, etc.).

El ciclo histórico demuestra que hemos pasado de la materia a la energía y luego a la información. En una primera etapa, las sociedades industrializadas se apoyan fuertemente en la utilización de la materia para transformarla en riqueza. En seguida viene la fase de la

energía. Hoy día, estamos en la fase de la información. La información es de interés estratégico general y en particular para los países.

La misión de un equipo de investigadores en este contexto y trabajando con la información como materia prima, es producir *útiles*, lo que significa instrumentos de análisis de la información científica y técnica.

Nuestros trabajos deben permitir responder a la demanda que aparece en crecimiento: una demanda en información elaborada por parte de los investigadores y de los responsables de la industria y al mismo tiempo de los equipos que analizan las actividades de investigación.

En este propósito es importante no despreciar la retroacción de los productos informativos de la investigación sobre el comportamiento de los productores de investigación. La autonomía de la información científica y técnica y su incidencia sobre el mundo de la investigación, de la educación y de la industria, es un factor importante de desarrollo del conocimiento científico y técnico en la actualidad.

Las técnicas infométricas, es decir, de análisis cuantitativo de la información científica y técnica, deben ser consideradas actualmente como un dispositivo de representación y de visualización del estado del conocimiento científico y de la práctica de sus actores.

DE LA INFOMETRÍA A UNA INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO

La perspectiva que me interesa subrayar, es el paso de una infometría, es decir, de algo que se conoce en el campo de la aplicación de métodos cuantitativos como

cienciometría tradicional, hacia una evolución, un paso adelante, que sería la creación de una ingeniería del conocimiento en el tratamiento de la información científica y técnica.

Esto supone la creación de útiles de naturaleza matemática, informática y lingüística, que permitan el análisis y la representación gráfica o cartográfica de la ciencia, considerando que la investigación se materializa en conocimiento escrito a través de las publicaciones científicas.

Las funciones de la infometría son tres: análisis, evaluación y representación de la información.

El *análisis* tiene por objeto responder a cuestiones de orden estratégico y de lo que en Francia se llama *la veille* (vigilia, en español, *watch* en inglés) científica y tecnológica. Es un trabajo de lo que hoy en día en economía se llama también inteligencia, es decir, mantener un flujo de información, estar al día y conseguir una actividad de análisis de esta información. Se trata de producir una información de la información.

La *evaluación* de la información científica y técnica es de dos tipos: la evaluación métrica de los flujos de información, es decir, la aplicación en general de estadística descriptiva y la evaluación de la calidad de la información tratada. Jamás, en la historia de la humanidad, se había almacenado tanta información en las bases de datos. Desde un punto de vista tecnológico, hemos sido capaces de dotarnos de la tecnología necesaria para almacenar, clasificar y poner al acceso del usuario esta información. El problema es su utilización. Los análisis en general coinciden en decir que las masas de información almacenadas en las bases de datos son

subutilizadas. La evaluación de la calidad de la información tratada, se refiere a explorar al interior de estos yacimientos de información para poder medirla en función de necesidades de pertinencia y de conformidad a una norma. Esto no tiene nada que ver con la idea de juicio de valor. Es algo que en el mundo industrial se practica cotidianamente, y se refiere a la noción de calidad. La calidad en el mundo industrial está asociada a la noción de norma, y la conformidad con estas normas establece la calidad de los productos. En información sucede lo mismo.

La *representación gráfica de la información* científica y técnica es una disciplina científica de las ciencias informáticas, la Infografía, que significa producir cartas, es decir, mapas, del mismo modo como se elaboran mapas de yacimientos mineros o cartas astronómicas. Nosotros hemos creado *útiles*, instrumentos informáticos y matemáticos para cartografiar la información científica y técnica. El objeto es ofrecer una representación de la estructura de la información en un momento dado de su desarrollo sobre un espacio a dos o tres dimensiones.

Por cierto que la realización de estas tres funciones —análisis, evaluación y representación— supone la ejecución de ciertos objetivos: concepción y desarrollo informático de técnicas de análisis de evaluación.

1. Es evidente que cada vez que me refiero a este análisis y a este método, o sea, a esta tecnología —porque hay que insistir que nuestro campo de investigación es una investigación tecnológica, debemos producir técnicas— significa que trabajamos a un nivel de cantidad de datos que no se visualizan en

un día, en una mañana o en una semana. Al menos en mi experiencia, este trabajo puede durar dos meses.

Por tanto, hacer marchar estos *útiles* de clasificación automática, es una manera de generar indicadores temáticos al interior de una masa de información, es decir construir clases. El siguiente paso es posicionarlas sobre un mapa o una carta. La posición sobre el mapa tiene una significación, es decir, una posición estratégica en un espacio conceptual.

El análisis trata de producir información sobre la información. Es un análisis estratégico que interesa tanto al sector civil como al militar de la investigación. Se busca responder a las siguientes preguntas: ¿quién sabe o hace qué? ¿dónde? ¿cuándo? Analizando las bases de datos, se está en capacidad de responder a este tipo de cuestionamientos estratégicos y de poder ofrecerlos a organismos como, en nuestro caso, al Centro Nacional de Investigaciones Científicas, al Ministerio de Investigaciones Científicas, al Observatorio de Ciencias y Técnicas de Francia, y a la Comunidad Europea.

2. La producción de información elaborada y especializada. La noción de elaboración y especialización sugiere inmediatamente que la información que está disponible en las bases de datos es una materia prima, es información en bruto. De ahí que yo empleo el término de industria de la información. Al lado de la industria de la materia y la in-

dustria de la energía viene la industria de la información.

Estas técnicas, esta tecnología y este sistema tecnológico que hemos creado son *útiles* o instrumentos para elaborar esta información especializada. No basta con saber que hay bases de datos en química, física, biotecnología, astronomía, medicina, economía, sociología, historia, etc. El problema es que hoy en día se tiene conciencia de que en las masas de información almacenadas, hay un desnivel con relación a su utilización. Una de las maneras de responder a este problema, es que no hay que ofrecer la información al granel. Hay que construir una información a la demanda, en función a las necesidades del usuario.

Cuando hago énfasis en que nuestro contexto de investigación es una industria de la información tipo INIST, es evidente que tengo a mi lado una dirección en Marketing, que responde a las siguientes preguntas: ¿Cuál es el mercado? ¿Cuáles son las demandas? ¿Cuál es el cliente? ¿Qué necesidades debemos satisfacer? Generar tecnología es importante para poder trabajar en lapsos de tiempo cortos, y satisfacer necesidades de acuerdo con el pedido. A esto se le llama información especializada, sea para un equipo de investigación, para un equipo de responsables científicos o para un industrial, y se aplica tanto al nivel de la literatura científica como al de las patentes. Cruzando la información patente-literatura científica, se manejan indicadores para identificar campos científicos que pueden aproximarse hacia elementos tecnológicos

o campos tecnológicos, de tal manera que puedan identificarse las fuentes científicas que están detrás de ellos, el título del artículo, los autores, el resumen, el laboratorio, la dirección de los investigadores.

Por tanto el objetivo de la información especializada no es entregar un cierto número de referencias bibliográficas, sino *mapas* o cartas, en los cuales se especifican los laboratorios que aparecen como centrales, la distribución de fechas, etc.

Este servicio ya lo ofrece el INIST. Tenemos la responsabilidad de hacer una investigación aplicada. Por tanto esta experiencia para mí, cada vez que concluye un ciclo de investigación, significa realizar esos estudios y captar lo que se piensa, evaluar las posibles utilidades, si hubo ganancia en tiempo, en calidad de decisión, en aporte para definir entonces objetivos de actividades. Medimos, entre otros factores, el tiempo dedicado a cada actividad o búsqueda y producimos un informe mensual de actividades a la Dirección General.

3. El acceso a la información. El acceso a la información es una consecuencia de los otros dos objetivos, es decir, proporcionar al usuario una información analizada y elaborada por métodos de representación y clasificación. Esto supone que el acceso a la información se puede realizar utilizando estos mapas y las clases como indicadores temáticos para interrogar, o para buscar información.

En este terreno se trata de utilizar al máximo el hipertexto, una tecnología que está en proceso de maduración desde el punto de vista industrial, y

proviene de la informática. Se trata de una tecnología que nos permite navegar al interior de los bancos de datos de manera virtual.

A una escala de un millón de referencias, hemos aplicado estas tecnologías con el fin de producir mapas y clases y utilizar la tecnología hipertexto, para poder navegar al interior de las bases de datos.

El proceso

Cuando comenzamos a trabajar en este terreno, las bases de datos eran sumamente "opacas". Para entrar a saber lo que había en el interior de ellas, se construían ecuaciones boleanas y se consultaba un experto quien nos detenía en la puerta de acceso y nos pedía que declaráramos lo que buscábamos. Era como si entráramos a un supermercado, nos detuvieran en la puerta, nos preguntaran lo que estabamos buscando, fuera alguien al interior y nos lo sacara. Eso era arcaico.

La idea era entrar al supermercado y pasear con el carrito para tomar las cosas que al cliente o usuario le interesan. Nos interesamos entonces en aplicar el hipertexto a las bases de datos, lo que permitiría de manera virtual pasearse entre clases de temas y mapas. Es una alternativa en la ingeniería del conocimiento al modelo generado de la inteligencia artificial, que es el de los sistemas expertos.

Cuando se construye un sistema experto, se trata de consultar a un especialista y hacerle confesar toda su experiencia, todo su conocimiento para poderlo formalizar, traducir en algoritmo y que la máquina entonces se transforme en máquina inteligente.

En este caso se trata de considerar que una base de datos es una especie de inteligencia objetiva y colectiva de una comunidad científica mundial. La inteligencia está ahí como objeto, en la base de datos. Por tanto navegar en ella por este método, es una manera no de interrogar personas, sino de interrogar esta memoria objetiva, esta inteligencia objetiva que está a nuestra disposición. De ahí entonces nuestro interés de pasar de la infometría, hacia y en función de una ingeniería del conocimiento.

Esta ingeniería del conocimiento tendría dos objetivos:

1. La adquisición de los conocimientos que están almacenados en la base de datos. La experiencia es un cambio de orientación en la construcción de máquinas inteligentes. En inteligencia artificial la orientación es hacer que las máquinas sean inteligentes. Cuando en informática se trata de traducir un conocimiento humano en algoritmo susceptible de ser aplicado por las máquinas, hay una fase de elaboración sumamente delicada y una simplificación enorme. En este caso, se busca que las máquinas se conviertan en una ayuda de la inteligencia humana. En otras palabras, por este método de clasificación automática y cartográfica se pretende ayudar a la inteligencia humana a explotar estos yacimientos de conocimientos almacenados en las grandes bases de datos.
2. La consideración de factores humanos en la comunicación lo cual pertenece al campo de investigaciones en informática, lo que se llama la relación hombre-máquina. Considerar todas las interfases

entre la máquina y el hombre, el procesamiento informático del lenguaje natural.

Existe un elemento en esta ingeniería del conocimiento que es la representación del conocimiento. En inteligencia artificial es necesario pasar por una fase de representación del conocimiento, una vez que se ha interrogado a los expertos en un terreno, para poder realizar una representación de ese saber, de ese conocimiento.

Hay técnicas en el campo de la inteligencia artificial que son las más utilizadas hoy en día: La red semántica Network y los grafos conceptuales. Son técnicas en las cuales interviene la matemática prioritariamente para producir los algoritmos.

En nuestro caso se trata también de representar, utilizando estas técnicas, a partir no de un sujeto humano, sino de las bases de datos y extraer el contenido de los documentos, o sea el conocimiento en su forma escrita. Luego, se trata de encontrar técnicas de representación de ese conocimiento, para generar una cartografía, mapas de segunda generación, es decir, en los cuales haya más semántica y menos estadística.

La idea es siempre la misma: trabajar con las bases de datos como si fueran inteligencias objetivas y memorias objetivas. Por tanto es necesario reunir una competencia en ingeniería lingüística, que se traduce en tres elementos: ingeniería informática, ingeniería matemática e ingeniería lingüística.

DOS TÉCNICAS NOVEDOSAS

Estamos en la primera generación. Hemos creado, concebido y desarrollado dos técnicas de análisis cuantitativo de la información científica y técnica, que están en el estado de prototipo desde un punto de vista industrial:

1. Un método de K-means axial, de clasificación automática, con inspiración neuronal. Es una tecnología en el campo de la informática, inspirada en la biología, particularmente en la neurobiología y más exactamente en la ciencia del cerebro, que es la idea de las estructuras neurológicas, es decir, métodos numéricos de clasificación sumamente eficaces que permiten trabajar en máquinas en paralelo y por tanto tratar en tiempo récord grandes masas de información con leyes de aprendizaje. Intervienen leyes por interacción y son un mecanismo cuasi inteligente que controla a partir de un aprendizaje, mejora la calidad de la operación y de los métodos no supervisados. En el caso del programa de K-means axial, que se llama Neurodoc (*neuro,* por neuronal y *doc* por documentación) cuenta con una ley de aprendizaje no supervisado, es decir, que no hay un profesor. La ley de aprendizaje en ese caso es una interacción estadística que trabaja. Por interacción, el instrumento perfecciona y afina su método de clasificación hasta estabilizarse, es decir encuentra todos los datos que tiene que clasificar, a los cuales les adecúa una pertenencia en una clase.
   Los *útiles,* cuando clasifican, son capaces al mismo tiempo de posicionar sobre un espacio bidimensio-

nal las clases que ellos han construido y el mapa, que es la página de entrada a la navegación hipertexto. Tienen entonces un componente de hipertexto que permite, a partir del mapa, pasar a los temas y en ellos, identificar autores, laboratorios, fechas, revistas, artículos y finalmente, tener acceso directo al artículo. ¿Cómo se almacena, no las referencias bibliográficas, sino la publicación científica? Hoy día la tecnología de la información y los grandes editores marchan al ritmo de una edición electrónica. Los bancos de datos reciben de los editores en información científica y tecnológica, textos, y por tanto tenemos en lugar de referencia bibliográfica, el artículo integral. Esto nos plantea un desafío. La unidad de análisis no será más la referencia bibliográfica; serán 2.000, 3.000, 5.000 o 200.000 artículos, con un promedio de 10 a 15 páginas cada uno. Se trabajará entonces a otra escala, lo que implica definir otra unidad de análisis e indicadores. En ese momento, nuestro espacio de análisis no será la suma de las referencias, sino que se trabajará al nivel del artículo mismo. Esto supone un trabajo de ingeniería matemática, de ingeniería informática y de ingeniería lingüística.

2. La segunda técnica de análisis que hemos desarrollado se apoya en un método más tradicional, generado en Francia a comienzos de los años 80 como una alternativa al análisis de citaciones o de co-citaciones, por un equipo que pertenecía al INIST y a un centro de investigaciones de sociología de la innovación de la Escuela de Minas de París. Analizando la co-citación, se pensó en trabajar al nivel

de las palabras claves en la referencia bibliográfica. Hemos utilizado este método y creado una tecnología que se llama Sdoc (*S*, por sistema y *doc*, por documentación), realizando la misma función: clasificar, representar en mapas y utilizar la técnica del hipertexto.

¿Por qué haber desarrollado dos métodos de manera competitiva al interior de un mismo equipo? Porque esto nos exige, por un lado, una permanente actividad intelectual y, por otro, tener acceso a fuentes de información de recursos de investigación fundamental en dos campos diferentes y competencia en el manejo de técnicas matemáticas e informáticas.

En el caso de la técnica de las palabras asociadas se nos presenta una aproximación asociacionista. En el caso de la técnica neuronal, se nos abre todo el campo neuronal y al mismo tiempo métodos estadísticos diferentes.

PAPEL DE LAS MATEMÁTICAS

En cuanto a las matemáticas, que son necesarias, están las estadísticas clásicas, la probabilidad y los métodos de clasificación automática. Hoy día nos interesamos particularmente en este terreno por las tecnologías coneccionistas y en particular por las tecnologías relativas a la gestión de incertidumbres. Existe todo un campo en informática y en matemáticas aplicadas, cuyo propósito es ir más allá de las probabilidades. Se trata de manejar la lógica y los conjuntos difusos, técnicas informáticas y matemáticas que ponen a las máquinas al servicio de la inteligencia humana.

En el campo de las matemáticas aplicadas y de la informática no hacemos investigaciones y aquí viene la distinción entre un investigador fundamental, para quien la investigación es estudiar en el campo de los conjuntos difusos y nosotros, que las utilizamos como recurso, para informarnos dónde estamos en tal o cual investigación de los conjuntos difusos, qué es lo que podemos aplicar y traducir a una tecnología.

Otra técnica es la posibilista, de lo que es posible, lo que interesa enormemente a los análisis de inteligencia y los análisis estratégicos que he mencionado.

En seguida viene el tratamiento de la evidencia y de la creencia. Hay técnicas matemáticas en este terreno que tratan lo que se llama la evidencia; se puede incorporar y tratar las técnicas de clasificación automática. El otro es el de la creencia, cuyo tipo de formulación se puede traducir en algoritmos programados informáticamente.

Cuando he hecho referencia a la tecnología que hoy día está en la fase de prototipo, estos elementos no están. Lo que hay en el programa Neurodoc, es una clasificación difusa en el sentido que una misma palabra clave puede pertenecer a varios temas, un documento puede ser clasificado en varios temas. Es el único criterio difuso que he mantenido, pero es bastante tradicional.

Difusión

Hay dos fórmulas de difundir esta información elaborada:

1. A través de disquete. Yo puedo enviar desde París a Bogotá un disquete, quien lo recibe puede leerlo

y tener la información en forma de hipertexto. A partir de ese momento, se habla de la producción de un hiperdocumento, y por tanto pasamos de la noción de documento a la de hiperdocumento, información elaborada. Imaginémonos las personas del Observatorio de Ciencia y Tecnología de Colombia, que con estos recursos puedan realizar análisis cienciométricos y entrar los resultados de este análisis como la información necesaria para orientar definiciones y decisiones programáticas. El interés que nos orienta y que caracteriza nuestra posición en el contexto internacional, es que nuestro objetivo represente y genere indicadores de conocimiento y no de documento, ni de citación, ni de publicación. Porque el primer interés que nos mueve es el de satisfacer la necesidad que tiene el investigador de obtener información de una manera rápida.

2. Hoy en día contamos con el recurso Internet. Estamos creando una interfase en la cual se pueda aplicar este sistema de manera constante. Pero se crea otro problema y es que entonces tenemos que pensar en un sistema de gestión de base de datos, lo que implica almacenar la información elaborada. La estamos creando. La idea es que cada persona con derecho a acceder a esta base tenga una entrada a la información que él ha pedido que se le trate. Por tanto habrá una base de información elaborada y especializada. Es el proyecto tecnológico.

De la práctica de los indicadores de la ciencia y la tecnología a la configuración del desarrollo tecnocientífico

Manuel Medina
Universidad de Barcelona. España

De la práctica de los indicadores de ciencia y tecnología...

Como puntos importantes para justificar la sistematización de una base de Indicadores de Ciencia y Tecnología (Indicadores de C&T) se mencionan por ejemplo:

1. La creciente importancia de las actividades científicas y tecnológicas no se encuentra confinada dentro del sistema productivo industrial sino que tiene importantes consecuencias para la sociedad.
2. Los indicadores de C&T son indicadores de un sistema altamente complejo, donde las relaciones causales dentro del sistema fluyen en múltiples direcciones. Los indicadores reflejan los aspectos macro de las actividades científicas y tecnológicas, permiten una valoración cuantitativa de las mismas, y sirven de apoyo en la formulación y evaluación de las políticas científicas y tecnológicas de cada país. En este sentido los indicadores permiten alertar a las autoridades decisorias del cambio técnico y su posible incidencia sobre el crecimiento económico. Su utilización comprende a un conjunto amplio de agentes, entre ellos autoridades políticas y regulatorias, empresas privadas y organismos de investigación.

3. Las actividades científicas y tecnológicas están adquiriendo una dimensión abiertamente internacional. Es necesario construir una base de indicadores que permita conocer la estructura y dimensión de dichas actividades dentro del contexto internacional. Son en este sentido indicadores de la dirección que está siguiendo la tecnología en países competidores.
4. Ha existido una tendencia generalizada a la construcción de indicadores de C&T utilizando series de fácil extracción. Los indicadores más generalizadas han sido los de tipo *input* o indicadores de insumo, como los gastos en I&D o el número de científicos e ingenieros. Ello no permite una valoración equilibrada del conjunto de actividades científicas y tecnológicas. Por ello debe profundizarse en la obtención, elaboración y difusión de nuevos indicadores. En este sentido cabe resaltar la iniciativa lanzada por la Comisión de la Unión Europea para construir una base de datos homogénea con indicadores de C&T micro a nivel de empresa.

INFORME EUROPEO SOBRE INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Resulta pertinente indicar que la construcción de una base sólida de indicadores de C&T debe permitir también su análisis. En este sentido, el Informe Europeo sobre Indicadores de Ciencia y Tecnología está planteado de tal manera que:

— Permita una comparación sistemática de los sistemas de C&T entre la Unión Europea, UE, y otros grandes bloques comerciales.
— Utilice una amplia gama de indicadores que incluya los recursos utilizados en investigación y desarrollo y los resultados obtenidos por los mismos, tratando de complementar los indicadores de corte clásico, como por ejemplo los tradicionalmente utilizados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, OCDE, con otros, elaborados internamente por cada uno de los Estados miembros de la UE.
— Analice la puesta en marcha y evalúe los resultados obtenidos por los diferentes programas de la UE.

Profundizando un poco más en el tema, resulta interesante realizar una síntesis de los temas analizados en el primer informe, en la medida que ello pueda resultar indicativo de la utilidad de los indicadores de C&T. En este sentido, los indicadores facilitarían o serían expresión de las decisiones adoptadas por parte de las autoridades implicadas, o sea con organismos responsables de la política de ciencia y tecnología (Comisión, organismos estatales y autoridades regionales y locales).

Los temas analizados fueron los siguientes:

— *C&T europea en el mundo.* A través de indicadores tales como el porcentaje del gasto en inversión en I&D sobre el Producto Interno Bruto, PIB, se evalúa el potencial de los recursos dedicados a la I&D en cada uno de los bloques, analizando la serie

temporal para determinar su evolución y de esta manera el esfuerzo científico de cada uno de los grandes bloques comerciales.

— *La I&D industrial y competitividad.* Con indicadores *output* del tipo patentes obtenidas, se trata de determinar las áreas tecnológicas que resultan competitivas.

— *Diversidad, convergencia y cohesión europea.* Se trata de determinar la diversidad existente en cuanto a capacidad científica y potencial tecnológico de los distintos Estados miembros de la UE, mediante indicadores de especialización, observando las variaciones en cuanto a las fuentes de financiación de la I&D. Se trata de valorar el impacto de los fondos estructurales de la UE para facilitar los objetivos de cohesión y la utilización de distintas políticas que favorezcan la difusión y transferencia de tecnologías entre empresas.

— *Cooperación europea en I&D.* El fin último de dicha cooperación es el fortalecimiento de la base científica y tecnológica de la comunidad para favorecer la posición de competitividad internacional de la UE.

— *Colaboración de la UE en la investigación mundial.* Análisis de los vínculos de colaboración de investigadores europeos con investigadores de terceros países. Estudio de la localización por parte de empresas europeas de laboratorios fuera de Europa, grado de asistencia técnica y transferencia de tecnología a países en desarrollo.

— *Actitud europea frente a la C&T.* Se trata de valorar el grado de aceptación y asimilación de los factores

tecnológicos por parte de los consumidores, a través de encuestas de opinión y preguntas tipo. Este tipo de análisis proviene de estudios iniciados por instituciones japonesas donde desde hace tiempo se vienen realizando encuestas de opinión sobre la actitud de la sociedad japonesa frente a la tecnología.

EL SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE INDICADORES EN C&T

La creación de un sistema de indicadores de C&T, se instrumenta generalmente a través de un organismo especializado de cada Estado. En el caso de España, los indicadores se elaboran mediante las estimaciones sobre las encuestas que realiza el Instituto Nacional de Estadística, INE. Este es el organismo responsable de facilitar dichas estadísticas a la Oficina Estadística de las Comunidades Europeas, EUROSTAT, y a la División de Análisis Económico y Estadísticas de la Dirección para Ciencia, Tecnología e Industria de la OCDE, cuya función es la elaboración de una base de indicadores homogénea para efectos comparativos. Se supone que los indicadores reflejan aspectos macro de las actividades científicas y tecnológicas, y permiten una valoración cuantitativa de las mismas, que a su vez sirven de apoyo en la formulación y evaluación de las políticas del ramo. Este es el planteamiento estándar y una de las funciones importantes de los indicadores es constatar la dirección que está siguiendo la tecnología en países competidores.

Como indicadores básicos están los clásicos: los *input*, o sea indicadores de insumo, los *output*, o indica-

dores de resultados, los de balanza de pagos tecnológica y los indicadores de innovación y difusión tecnológica.

Indicadores tipo *input*, o de insumo

Los indicadores *input* son los más comunes. En cierta medida resultan más fáciles de obtener. Existe una tradición bastante amplia en cuanto a su elaboración y tratamiento, debido en parte a la labor realizada por el comúnmente llamado Manual Frascati (OCDE, 1993).

Para conocer el origen del Manual hay que remontarse al año 1963. En junio de ese año, la OCDE reunió a un panel de expertos en Frascati, Italia. El resultado de dicha reunión fue la primera versión oficial de la "Propuesta de una práctica estándar para la realización de encuestas de I&D", más conocido bajo la denominación de Manual Frascati.

Este Manual forma parte de una serie de medidas desarrolladas desde la OCDE para valorar las actividades científicas y tecnológicas de manera que se conozcan mejor las variables influyentes dentro de los sistemas nacionales de investigación científica, innovación y difusión tecnológica.

Dentro del Manual se presta una especial atención a los indicadores de I&D y no tanto a aquellos que son representativos de la transformación de avances científicos en resultados comercializables (tecnología) por parte de las empresas. Aspectos tales como la innovación y difusión tecnológica no encuentran cabida en el Manual, argumentando que la confiabilidad de dichas estadísticas sería baja en la medida que no existe una

base consensuada sobre la elaboración de indicadores de ese tipo.

El Manual establece pautas para la recolección, elaboración y difusión de estadísticas de I&D dentro de los países que conforman la OCDE, organización a la cual pertenecen los países más desarrollados. Un ejemplo de los indicadores *input* más comúnmente utilizados puede obtenerse de las publicaciones de la OCDE sobre principales indicadores básicos de ciencia y tecnología y del Anuario Estadístico sobre I&D (EUROSTAT).

En cuanto a los organismos de carácter nacional que construyen indicadores de ciencia y tecnología están el Observatoire des Sciences et des Techniques en Francia; la National Science Foundation en Estados Unidos y el National Institute for Science and Technology Policy en Japón.

El Manual Frascati ha tenido una gran aceptación, incluso en países fuera de la órbita de la OCDE y una relativa evolución, sabiéndose adaptar a los cambios observados en la estructura productiva en relación con la I&D. En él se establecen las bases para determinar las partidas que deben incluirse dentro de las actividades de I&D, principalmente las relacionadas con gastos en I&D, contabilización de personal y de apropiaciones de la I&D dentro de los presupuestos de cada país. En este sentido, la Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas ha tomado diversas iniciativas para la construcción de una base homogénea para la recolección, comparación y difusión de estadísticas de I&D, estableciendo una Nomenclatura para el Análisis y la Comparación de Presupuestos de Programas Científicos y

editando unas tablas armonizadas que utilizan dicha nomenclatura.

Los indicadores tipo *input* son:

— Gastos nacionales en I&D
— Gastos nacionales en I&D per cápita
— Personal de I&D (científicos e ingenieros de tiempo completo)
— Total de investigadores con título universitario
— Variación porcentual en número de investigadores
— Porcentaje del gasto en I&D financiado por la industria, por el Estado, por otras fuentes nacionales y por fuentes extranjeras
— Porcentaje del gasto en I&D ejecutado por la empresa privada, por el Estado, organismos de educación superior, privados sin ánimo de lucro
— Apropiaciones del presupuesto por áreas de conocimiento

Indicadores tipo *output*, o de resultado

Tienen por objeto medir los resultados obtenidos por los recursos utilizados en los sistemas de C&T. La aplicación de una metodología común que permita la valoración cuantitativa de los indicadores *output* todavía encuentra dificultades. Se están realizando avances importantes en la sistema- tización de indicadores gracias a la aparición de bases de datos de cobertura amplia, en soportes que permiten un acceso rápido a la información.

Los indicadores más utilizados son los bibliométricos y los de patentes. Éstos presentan una serie de problemas y aquí hay un proceso de conscientización

inminente en cuanto a que las publicaciones científicas no son el único producto de la producción científica. Las patentes también pueden pertenecer a la producción tecnológica para fines industriales pero quizá no para otras formas de innovación. Además también se presentan limitaciones que se derivan de que estos indicadores *output*, miden la ciencia dominante, por lo general las realizaciones de los países industrializados, lo cual también vale para las patentes.

Los indicadores *output* presentan varios problemas. En cuanto se refiere a los datos sobre patentes es necesario tener en cuenta la asignación de patente atendiendo al inventor, institución a la que pertenece, empresa matriz, la fuente a utilizar, así como las empresas que no patentan por miedo a ser copiadas y algunos sectores industriales que patentan menos que otros.

En relación con los datos bibliométricos de los indicadores *output* suele suceder que presenten una información sesgada, ponderación de las distintas áreas del conocimiento, auto-referenciación o mayor referenciación de artículos metodológicos.

Balanza de pagos tecnológica

Ella mide el grado de exportaciones e importaciones tecnológicas, el pago por patentes —antes de la entrada en la UE era más fácil controlar a través de aduanas—, el fenómeno de globalización en la empresa y el nivel de inversiones directas en el extranjero.

Los indicadores de balanza tecnológica están representados por los ingresos, pagos y saldo por balanza de pagos tecnológica y por la tasa de cobertura.

Se utiliza una división de indicadores para sectores de producción muy intensivos en tecnología: aeroespacial, electrónica, maquinaria de oficina y computadoras, farmacéutica, otras industrias manufactureras e industrias no manufactureras.

Indicadores de innovación y difusión tecnológica

Entre los indicadores *output* se encuentran los que dan una mayor importancia al denominado factor tecnológico. Corresponderían a un tipo de indicadores *output* "especiales". Las relaciones industria-tecnología son elementos clave en los que se basan los procesos de crecimiento económico de los países desarrollados. La elaboración de estadísticas que faciliten la comprensión e interpretación de dichas relaciones supone un elemento de inestimable valor para las autoridades responsables de elaborar políticas coherentes.

La necesidad de elaborar nuevos indicadores de C&T que tengan por objeto cuantificar las actividades de difusión y transferencia de tecnologías proviene de la idea de crear entornos que faciliten la innovación y por tanto el cambio técnico.

Entre sus objetivos se encuentran el establecer redes de cooperación entre los distintos agentes, empresas, Estado y laboratorios de investigación para intercambio de información, facilitar el acceso a un conocimiento tecnológico a las pequeñas y medianas empresas, empresas que por su reducida dimensión no pueden realizar I&D por sí mismas, pero que constituyen la fuente de dinamismo necesaria para el sostenimiento del tejido productivo industrial.

La elaboración de estos nuevos indicadores responde a los siguientes objetivos:

— Existe una clara determinación a favorecer actividades de innovación y difusión de la tecnología dentro de la UE. En el mismo se encuentra implícita la idea de poder transformar las innovaciones científicas en productos comercializables.
— Resulta necesaria una supervisión, seguimiento y evaluación de los programas de política tecnológica realizados por la UE, programas marco de I&D tecnológico y fondos estructurales.

Los indicadores de innovación y difusión tecnológica son por tanto el número de acuerdos de cooperación entre empresas, los objetivos que impulsa a colaborar a las empresas, la medición de la sustitución de fondos propios o públicos por fondos europeos y las características de la empresa tipo, participante en una red.

Pero también existen problemas: son indicadores nuevos, difíciles de obtener, requieren un tratamiento adicional y son indicadores de tipo cualitativo.

... A LA CONFIGURACIÓN DEL DESARROLLO TECNOCIENTÍFICO

En esta sección se describen los presupuestos conceptuales teóricos, metodológicos y normativos de la práctica de la configuración del desarrollo tecnocientífico con base en los indicadores de C&T tradicionales.

Se supone normalmente que los indicadores de C&T han de servir para orientar la política científica y

tecnológica conforme a determinados objetivos de configuración del desarrollo tecnocientífico. Este planteamiento puede parecer obvio y poco problemático, pero en él está implicada una serie de presupuestos conceptuales teóricos, metodológicos y normativos que condicionan la adecuación de la práctica de los indicadores de C&T.

Se puede hablar de un modelo estándar de intervención en política científica y tecnológica con base en estos indicadores y decir que este es un modelo de caja negra, en donde se identifica el desarrollo en ciencia y tecnología con base en los indicadores *output* y se intenta configurarlo mediante la intervención de los parámetros de *input* que son los controlables. En este modelo estándar, la política científica y tecnológica viene dada en función de las relaciones *input-output*.

La adecuación de este modelo de caja negra plantea diferentes interrogantes:

— ¿Se puede identificar como únicos y principales productos relevantes de la actividad científica y tecnológica el *output* de publicaciones y patentes?
— ¿El determinar los correspondientes recursos económicos y su distribución o ejecución es la más adecuada forma de intervenir?
— ¿Hay alternativas o formas más adecuadas de intervenir o identificar el desarrollo relevante?

En este modelo de caja negra que recibe *inputs* y produce *outputs*, el entramado de la actividad y la producción científica y tecnológica no es relevante. En consecuencia uno se preguntaría si es relevante abrir la caja negra para estudiar la tecnociencia actual, donde cien-

cia y tecnología son difícilmente separables y situarla en el contexto de las redes políticas, socioeconómicas y culturales exteriores que van más allá de las paredes de los laboratorios? En mi opinión la respuesta es afirmativa, ya que el modelo de comprensión que tenemos de la ciencia y la tecnología conduce a un modelo de intervención en política científica y tecnológica.

Los observatorios de C&T pretenden, aunque es cuestionable, dar una imagen cuantificada de la investigación y desarrollo tecnocientífico mediante indicadores. Se podría decir que lo que se puede observar depende de la lente de que dispone el telescopio —ya que hablamos de observatorio— o de los anteojos que utilicemos. La construcción de la lente depende de lo que se pretende observar. Para la construcción de un observatorio entonces hay que plantearnos qué telescopios y qué lentes vamos a utilizar.

En el contexto que nos ocupa esto se traduce en que la definición de los indicadores de C&T depende de las concepciones y tesis correspondientes acerca de la ciencia y la tecnología que se tengan. Podemos ver un caso básico que viene dado por la distinción y la relación entre ciencia, tecnología y saberes técnicos en general. Caben las preguntas ¿si se tiene indicadores de ciencia, se tiene de tecnología? ¿Qué se entiende por tal? ¿Cómo los ha definido? ¿Los indicadores de tecnología son adecuados para otros saberes técnicos?

El operar con indicadores de ciencia basados en publicaciones y con indicadores de tecnología basados en patentes presupone una concepción teoricista de que la ciencia consiste fundamentalmente en teorías y formulaciones teóricas. Las publicaciones en definitiva

son textos, mientras que cuando se refieren a tecnologías se ocupan de patentes, lo que tiene que ver con artefactos materiales y se presupone que la tecnología es ciencia aplicada. Esa es una concepción que quizá pueda parecer obvia pero dentro de lo que son los estudios actuales de C&T esta teoría está totalmente desautorizada.

Por otro lado, lo que no se incluye en la definición, no se observa. Y lo que no se observa, no existe. Lo que se puede medir fácilmente cuenta y lo que no, deja de ser relevante y quizá lo que se deja por fuera en determinados países puede ser su potencial más importante.

En consecuencia hay una serie de aspectos cuyos presupuestos han de hacerse explícitos, si se quiere ser consciente del alcance de la observación, de lo adecuado de la intervención y de la legitimidad de una determinada configuración del desarrollo tecnocientífico y de sus consecuencias.

Los siguientes son aspectos fundamentales y pertinentes:

Aspectos conceptuales y teóricos

Tienen que ver con el apartado de la observación, o sea los presupuestos de la formulación y adecuación de indicadores de ciencia y tecnología. No se pueden tomar como que vienen dadas por leyes naturales o por algún tipo de determinismo. Son construcciones humanas que tienen una historia. Ellas son: las relaciones entre ciencia, tecnología y saberes técnicos, la naturaleza del conocimiento científico y la práctica de la producción, la dinámica del desarrollo tecnocientífico y la configuración tecnocientífica del entorno y la sociedad.

Aspectos operativos

Tienen que ver con la intervención, es decir con la posibilidad y los modos de intervención con base en indicadores, a ese modelo de caja negra. En este apartado cabrían las siguientes preguntas: ¿Cómo se ha de configurar operativamente el desarrollo tecnocientífico? ¿Es posible intervenir en su configuración? De ser así, ¿sería mejor no interferir con ningún tipo de intervención? Si se decide la intervención, ¿cuál es la forma apropiada de intervención operativa?

Aspectos normativos

Se basan en los contenidos de la configuración y deberían responder a los siguientes cuestionamientos: ¿Conforme a qué normas, reglas, criterios o principios, se ha de configurar el desarrollo tecnocientífico? ¿Cuáles son los objetivos del mismo desarrollo tecnocientífico? ¿Quiénes van a decidir acerca de las reglas y objetivos para dicho desarrollo? ¿Expertos, políticos, corporaciones, mercados o una deliberación cívica? ¿Cómo se van a legitimar los objetivos, las normas y las instancias de decisión?

TESIS

Basado en el anterior planteamiento, propongo tesis, que generan, obviamente, contratesis.

Las concepciones de la ciencia y la tecnología que subyacen al modelo estándar de intervención se caracterizan básicamente por la demarcación entre ciencia y tecnología y por la separación y contraposición de la

ciencia respecto a la naturaleza y la sociedad. La ciencia, interpretada fundamentalmente como investigación teórica, se contrapone a la tecnología que se entiende como ciencia aplicada en el ámbito de los artefactos. La naturaleza se concibe, a su vez, como una entidad separada de la sociedad y de la actividad del investigador, con sus propias leyes que constituyen el objeto propio de la investigación científica y son independientes de ésta. Con relación a la sociedad, la situación es muy parecida, pues se concibe como una estructura objetiva e independiente, que puede ser investigada científicamente.

De hecho, ciencia y tecnología forman un complejo prácticamente inseparable en la realidad: la tecnociencia. Ésta constituye un entramado de prácticas y artefactos, teorías y tecnologías, grupos sociales y organizaciones, interpretaciones, legitimaciones y cosmologías. En consecuencia es necesario un estudio a fondo de la práctica y del entramado tecnocientífico así como de su dinámica de cambio científico y desarrollo tecnológico, para investigar si es posible, en contra de las tesis del determinismo tecnológico, algún tipo de intervención. Y, en su caso, para estudiar cuál es la forma adecuada de plantear su configuración y los indicadores relevantes.

Los aspectos operativos no se pueden abordar adecuadamente sin tratar al mismo tiempo, explícitamente, los correspondientes aspectos conceptuales, normativos y teóricos. Y a la inversa.

La configuración del desarrollo tecnocientífico implica tanto la política científica y tecnológica, como la evaluación de tecnologías y una ética para la tecnocien-

cia. Para ello es preciso un modelo de comprensión y de intervención interdisciplinario, capaz de abarcar el complejo entramado de ciencia, tecnología y sociedad, en la vertiente teórica, junto con las consecuencias del desarrollo tecnocientífico para el entorno y la sociedad, en la vertiente normativa, integrando así ciencia, tecnología y política.

El desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica no puede disociarse de la política ni de la evaluación o de la educación porque, de hecho, forman parte de un complejo entramado que exige un tratamiento global e interdisciplinario. Precisamente los estudios de ciencia y tecnología, como modelo de comprensión interdisciplinaria, pueden jugar un papel importante de integración entre el mundo "científico" de la investigación y la educación, y el mundo "ético" y "político" de la evaluación, la gestión y la regulación prácticas.

Frente a la política que promueve la innovación tecnocientífica indiscriminada y la posterior gestión tecnocrática de los efectos negativos, en contraposición a los programas de investigación y los curricula científicos y tecnológicos, progresivamente compartimentados y especializados, de modo que quedan por completo disociados de las cuestiones relativas a la evaluación y gestión del desarrollo científico y tecnológico, los modelos interdisciplinarios han de tener como un objetivo primordial, el desarrollo tecnocientífico compatible, es decir, su compatibilidad tanto ambiental como social, económica y democrática.

INDICADORES DE INNOVACIÓN: EL GRAN DESAFÍO

Sandra Brisolla
Universidad Estatal de Campinas.
Ministerio de Ciencia y Tecnología
Brasil

En el Departamento de Política Científica y Tecnológica de la Universidad Estatal de Campinas de Sao Paulo, Brasil, que ofrece estudios de postgrado en política científica y tecnológica, se sintió la necesidad de contar con información básica y pertinente para analizar la política científica del país. Iniciamos un trabajo de recolección de dicha información para lo cual nos integramos a la Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología, RICYT, liderada por la Universidad de Quilmes, en Argentina.

Una vez realizado este trabajo, se asoció la Red Nacional de Investigaciones en Brasil, una red electrónica para transformarlo en un hiperdocumento.

La idea de hacer un trabajo de organización de la información, surgió de la necesidad de sensibilizar a los gestores de la política científica y tecnológica en Brasil y en este propósito se unió el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico brasileño. El Ministerio de Ciencia y Tecnología del Brasil se interesó por el trabajo, lo que constituyó un paso importante para que después se montara un grupo de trabajo sobre indicadores de ciencia y tecnología en su interior, con miras a implementar una base permanente de datos sobre C&T en Brasil.

Además de crear conciencia de la necesidad de un sistema de información, quedó explícito que la única

forma de movilizar a los organismos encargados de la planificación y ejecución de la política en C&T, sería producir indicadores que les diera realmente un margen de maniobra o a través de los cuales pudieran traducir esa información en subsidios a sus políticas. Como es difícil construir indicadores que realmente puedan ser instrumentalizados en una política centrada en un desarrollo tecnológico que supere los problemas económicos y sociales, se planteó la necesidad de construir indicadores que trasciendan las bases tradicionales de informaciones sobre C&T, para llegar a construir indicadores tecnológicos o de innovación, que puedan ser llamados de competitividad, y que se conviertan en herramientas de una política mucho más dirigida hacia la solución de los problemas de nuestros países.

A nivel internacional, los indicadores de C&T empezaron a construirse exactamente cuando se redujeron los recursos para C&T. No es casualidad que Iberoamérica se esté preocupando ahora por los indicadores, después de la década perdida de los años 80, después de 15 años de baja productividad y de muy baja investigación, en el área de C&T. También en los EE.UU. los indicadores de C&T surgieron para sensibilizar a las autoridades sobre la importancia que tiene el área de C&T, para hacer que todas las demás tareas fueran hechas en forma más eficiente. Por tanto no es una característica de Iberoamérica el preocuparse por la construcción de indicadores en un momento de escasez de recursos. Es una característica general.

Se trabaja actualmente en la construcción de un Sistema Iberoamericano de Información sobre C&T.

Las dificultades de medición del impacto de la inversión en C&T provienen, en primer lugar, del hecho de que son recientes los intentos de medir la actividad tecnológica. En segundo lugar, la tecnología tiene un carácter cada vez más "no material", lo que implica que es más difícil medirla. Tratándose de un conocimiento, su adquisición como mercancía que puede ser comercializada implica mayores dificultades que las existentes en la compra de tecnología materializada en equipos. La tecnología, en tercer lugar, constituye un fenómeno social, lo que significa que para atacar problemas tecnológicos, es necesario solucionar primero problemas sociales.

Los problemas y desafíos que se plantean para la construcción de una base de indicadores depende de la naturaleza específica de la actividad científica y tecnológica. Dicha actividad es de alto riesgo, porque a una inversión de C&T no corresponde necesariamente un producto tecnológico y apropiable, y una innovación para la sociedad. Si fuera tan lineal tendríamos una situación mucho más favorable.

Por otro lado existe el problema del carácter horizontal de la actividad científica y tecnológica. En Brasil por ejemplo, existe un Ministerio de Ciencia y Tecnología, pero muy pocos países lo tienen, porque generalmente las actividades científicas y tecnológicas son pertinentes a diferentes ministerios.

El Ministerio de C&T antes era una Secretaría. Como Secretaría, ligada al ejecutivo, trataba de coordinar esas acciones de C&T dentro de los diferentes ministerios, pero no tenía suficiente poder y se creía que al crear un ministerio tendría fuerza suficiente para

coordinarla. Sin embargo al transformarse en ministerio perdió aún más condiciones para coordinar las políticas científicas del país.

Además de los problemas planteados hasta ahora, entre los desafíos que afectan a un Sistema Iberoamericano de Información sobre C&T se encuentran, por ejemplo, el desarrollar una base mínima de indicadores que sean internacionalmente comparables. La actividad en C&T se hace cada vez más a nivel continental, y como consecuencia se busca que nos conozcamos más, en términos de C&T y que podamos comparar nuestra actividad con los países desarrollados. Se trata de desarrollar una base mínima de datos internacionalmente comparables. Asimismo es necesario tratar de responder a las necesidades planteadas por la definición de la política de C&T, que puede tener algunas especificidades para nuestros países. Si no se prueba que esos indicadores sirven como herramientas de políticas, no se venderán nunca a nuestros dirigentes.

Se trata de buscar una internacionalización que permite en un futuro tener algún grado de autonomía frente a las nuevas tecnologías, y tener así alguna posibilidad de desarrollo tecnológico autóctono y por otro lado su transformación en innovaciones sociales y económicas. Solamente con la capacidad de absorber soluciones científicas y técnicas se podrá transformar ese potencial y esa capacidad de generar ciencia y tecnología en una capacidad de absorber soluciones para la transformación en innovaciones sociales y económicas.

Hoy día, los países más avanzados tienen una red de reflexión sobre indicadores de C&T y en esa red se está planteando la discusión de indicadores que tras-

ciendan a los indicadores tradicionales basados en el Manual Frascati. Hace poco tiempo se desarrolló un nuevo manual que pretende ser una herramienta capaz de producir o auxiliar a la producción de indicadores de innovación y tecnología.

Se ha desarrollado una nueva metodología que está consignada en el Manual Oslo, que parte de la raíz teórica de la economía de Shumpeter, quien distingue cinco tipos de innovación:

1. La introducción de un nuevo producto
2. La introducción de un nuevo método de producción
3. La apertura de un nuevo mercado
4. La conquista de una nueva fuente de materias primas o semimanufacturas
5. La reorganización de una industria o de una rama industrial.

El primer tipo comprende innovaciones radicalmente nuevas o combinación de tecnologías en utilización e innovaciones incrementales de productos que corresponden a mejoras en el desempeño y utilización de productos ya existentes.

La innovación del proceso consiste en la adopción de métodos de producción nuevos o significativamente mejorados.

El Manual Oslo define las siguientes actividades innovativas:

1. Investigación y desarrollo experimental
2. Ingeniería industrial
3. Inicio de manufactura

4. Marketing de nuevos productos
5. Adquisición de tecnologías no incorporadas en bienes
6. Adquisición de tecnologías materializadas en máquinas y equipos
7. Proyectos: concepción, diseño, desarrollo y manufactura y marketing de nuevos productos y procesos.

Para producir indicadores de innovación, el Manual Oslo propone partir de los objetivos de la innovación:

1. Objetivos tecnológicos, que significa desarrollar productos nuevos que van a crear nuevos mercados, imitar líderes innovadores, adaptar tecnologías ya desarrolladas para las necesidades de las empresas, hacer desarrollos incrementales en técnicas existentes y modificar los métodos de producción de productos existentes.
2. Objetivos económicos de la empresa, que significa innovaciones en productos (sustituir productos en progresivo desuso, extender el uso de productos dentro del mismo campo o fuera del campo principal de uso del producto, mantener la participación en el mercado y abrir nuevos mercados en el exterior o para nuevos segmentos del mercado interno) e innovaciones en el proceso (aumentar la flexibilidad de la producción, reducir costos de producción a través de la reducción de salarios, de materia prima, de energía, del costo de proyecto y producto, mejoras en las condiciones de trabajo y

reducción del efecto negativo sobre el medio ambiente)

El Manual de Oslo también contempla las condiciones positivas y negativas de la innovación:

Entre los factores que favorecen la innovación, son fuentes de ideas innovativas las fuentes internas (administración superior, I&D de la empresa, marketing, producción, incentivos, monitoreo del desarrollo tecnoló- gico, personal calificado) y las fuentes externas (programas públicos de apoyo a la innovación, contratos con el gobierno, ferias, exhibiciones, compra de tecnología, cursos de entrenamiento, cooperación con los clientes, con consultores, con subcontratistas, con otras empresas, con universidades, con institutos de investigación, literatura científica o técnica, patentes, literatura comercial, legislación, normas, tributación)

Entre los factores que contribuyen al éxito de proyectos de innovación se listan también los factores internos (cooperación de I&D con marketing de producción, contribución a la administración superior y personal calificado) y los factores externos (programas públicos de apoyo a la innovación, uso del servicio de consultoría, cooperación con clientes, con otras empresas, con institutos de investigación y con universidades)

Por último se anotan los factores que impiden la innovación: factores económicos (percepción de un riesgo excesivo, falta de fuentes adecuadas de financiamiento, gastos innovativos muy elevados y períodos de retorno de la inversión en innovación muy largos), potencial de innovación (gasto en I&D muy limitado, escasez cualitativa de I&D propio, falta de personal ca-

lificado, falta de información sobre tecnología, sobre mercados, costos de innovación difíciles de controlar, resistencia al cambio en la empresa, deficiencias en la disponibilidad de servicios externos y en oportunidades de cooperación) y otras razones (innovación no tiene espacio en la estrategia de la empresa, falta de oportunidades tecnológicas, no hay necesidad de innovar debido a recientes innovaciones, legislación, normas, tributación, falta de respuesta a los clientes en cuanto a nuevos productos y procesos y la incertidumbre en relación con la evaluación del tiempo necesario para la innovación)

El Manual de Oslo no proporciona indicadores, sino más bien unas características con las cuales se puede construir indicadores.

Existe otra publicación, la de la UNCTAD, que se propone a construir indicadores tecnológicos para países en desarrollo.

Esa publicación constituye una estructura de indicadores tecnológicos, que incluye indicadores de insumo tecnológico, la tecnología importada (inversión externa directa, importación de bienes de capital y pago de derechos de propiedad de tecnología y asistencia técnica) e insumos domésticos (gasto nacional en C&T, la educación formal y entrenamiento, y la inversión en instalaciones y equipos).

Como indicadores de desempeño económico relacionado a la tecnología, el trabajo propone indicadores de desempeño interno (aumento de productividad e innovaciones de los productos) indicadores de exportación en el desempeño comercial (aumento de la participación en el mercado de productos intensivos en

tecnología y exportación de tecnología) e indicadores de desempeño tecnológico (nivel de industrialización y cambios en las características estructurales del desarrollo tecnológico: diferencias en la composición del PIB, distribución sectorial de la fuerza de trabajo, diferencia en la composición de producción interna y diferencia en la composición del comercio)

Esta es una base de datos que permite construir indicadores tecnológicos y comparar el nivel tecnológico entre países o sectores.

El trabajo de Konrad & Wahl, que tiene un enfoque original, construye tres grupos de indicadores, que parten de variables económicas: un primer grupo identifica el potencial tecnológico de los países. El segundo detecta la habilidad en general de esta capacidad. El tercer grupo mide la capacidad de recibir y absorber conocimiento científico y las soluciones tecnológicas creadas en el país o adquiridas por transferencia de tecnología y transformarlas en innovaciones económicas y sociales.

Entre los indicadores de potencial científico y tecnológico se incluyen los principales indicadores de insumos científicos y tecnológicos, de gasto en I&D en el sector productivo. Lo interesante del resultado de este análisis es que la consideración de factores estructurales implícitos, por ejemplo de distribución de ingreso, en los indicadores relativos, conducen a un aumento expreso de la información.

Para medir la capacidad de generación de C&T los indicadores son principalmente variables sociales y económicas.

Finalmente los indicadores de receptividad, fueron medidos por las siguientes variables: indicadores globales de la estructura socioeconómica, indicadores relativos a la estructura técnico-material e indicadores relativos al factor humano y a las relaciones externas.

Como resultado general de este estudio, los autores concluyen que la receptividad, o sea la capacidad de recibir tecnología, parece ser el cuello de botella del progreso científico y tecnológico en el Tercer Mundo. Los problemas estructurales como la distribución de renta y la concentración de la producción, son las restricciones más severas, lo que se aplica tanto a países exportadores de petróleo como a los países altamente endeudados de América Latina en el período analizado.

Por último el economista brasileño Luciano Countiño coordinó una investigación sobre la competitividad en la industria brasileña, financiado con recursos del gobierno y del Banco Mundial. Fue una investigación inmensa, que incluyó un gran volumen de recursos económicos y humanos. Lo interesante fue la metodología que utilizó para medir la competitividad de las empresas, a cuyo personal hizo una encuesta que incluyó buena parte de la industria paulista y nacional. Desarrolló indicadores de desempeño, de eficiencia y de capacitación de tres tipos:

1. Sistémicos, o sea para toda la industria brasileña, todo el sector industrial, incorporando variables económicas de educación y culturales.
2. Sectoriales, o sea tomando sectores de la industria específicos
3. Empresariales.

Como *indicadores de desempeño*, se usa la tasa de crecimiento de exportaciones, por ejemplo, exportaciones sobre producto bruto, exportaciones del país sobre exportaciones mundiales, participación en el mercado internacional, índices de las cantidades de exportación, índices de precios de la exportación y de la importación por región y las importaciones. Todos esos indicadores de desempeño se hacen a nivel sectorial, tomando los mismos valores por sector industrial o agrícola, y los empresariales se toman por el facturamiento, exportaciones sobre facturamiento, *marketshare* por valor, en cantidad etc.

Los *indicadores de eficiencia* constituyen la tasa de cambio real, la relación cambio-salario, la evolución del costo de mano de obra, evolución de las tarifas públicas, carga tributaria en impuestos directos e indirectos, con su composición, justo plazo y carencia de financiamiento a largo plazo, evolución del costo financiero de la evolución y desarrollo, evolución del costo del capital de giro, evolución del costo financiero de I&D de las importaciones, tarifas medias de las importaciones, etc.

Los *indicadores de capacitación* se refieren a los gastos en educación, tasa de escolaridad por el producto, gastos en investigación y desarrollo por producto, personal ocupado en I&D por recursos humanos, valor del servicio tecnológico por el PIB, valor del servicio tecnológico por el número del contrato, tiempo de los contratos, compra de tecnología extranjera por producto, evolución del nú-

mero de patentes por sector, por origen de capital y tamaño de la empresa, inversión intangible, formación bruta del capital fijo público y privado, inversión extranjera directa sobre el PIB, sobre la inversión extranjera, crédito de gastos sobre I&D del producto, compras del gobierno sobre el producto, inversión en infraestructura sobre producto, inversión total sobre el producto.

Infortunadamente el resultado de este trabajo, en términos de análisis de la economía brasileña, es lamentable pues se llegó a la conclusión de que sólo es competitiva exactamente en aquellos sectores donde todavía prima el hecho de tener mano de obra barata e insumos propios en cantidades abundantes, como factor para ser competitiva, lo que no tiene nada que ver con los nuevos factores que definen la competitividad a nivel internacional en el nuevo paradigma tecnológico. Por tanto la economía brasileña no es competitiva y tiene que tomar medidas drásticas para superar sus problemas y enfrentar esa falta de competitividad. Uno de ellos es enfrentar los problemas sociales que hemos heredado y se han aumentado enormemente en los años de gobierno militar.

Todo lo anterior nos plantea el reto de estimular una reflexión sobre los pasos a seguir. Por lo pronto, el Proyecto de Investigación sobre Indicadores de Ciencia y Tecnología para Iberoamérica será tema permanente de nuestra agenda, con el ánimo de trazar estrategias que viabilicen el trabajo de la construcción de indicadores de C&T y de innovación.

LA CIENCIOMETRÍA COGNITIVA, MÉTODOS, POTENCIALIDADES Y UTILIZACIONES

Xavier Polanco
Investigador del INIST
Centro Nacional de la Investigación Científica de Francia, CNRS, Francia

En el proyecto tecnológico, principal actividad de investigación de nuestro grupo en el INIST, se crean técnicas para el análisis de la información, utilizando métodos cuantitativos, basados en la cienciometría tradicional de la bibliometría clásica.

En la literatura científica hay una clasificación que se llama *tipo de documento*. Está el *artículo* de las revistas seriadas que representan entre el 80 y el 95% de la información. Los libros en ciencia se encuentran rara vez en las bases de datos y representan un porcentaje poco significativo para poderlo utilizar estadísticamente. En ciertas bases, en particular la base Pascal, se encuentran todos los informes produ- cidos en el país. En la producción de literatura científica, los investigadores y los ingenieros producen informes que constituyen el grueso de lo que se llama en el mundo de la documentación *literatura gris.*

Hoy en día, el Instituto Nacional de la Información Científica y Técnica, INIST, adelanta un gran proyecto nacional en Francia para poder colectar y dar un trato sistemático a esta literatura gris francesa que se encuentra distribuida en diversos organismos universitarios, institutos, centros públicos y privados e industrias. Se reconoce que esta literatura gris, que por lo general no entra en los análisis bibliométricos tradicionales, ve-

hicula una información importante, principalmente de interés económico e industrial. Los documentos que se inscriben en esta categoría por lo general contienen un gran número de páginas, mientras que los artículos de las revistas científicas tienen un límite de extensión. Por su condición, por tanto, se deben crear técnicas para poder ingresarlos y tratarlos por la técnica de análisis de contenido, técnicas que están orientadas a poder trabajar al nivel de estos textos integrales que no entran en el circuito *mainstream* y de la utilización tradicional de la bibliometría.

En cienciometría y bibliometría, no se puede confundir el número de los documentos, ni el espesor de los mismos, con el conocimiento que ellos generan. Se trata, más bien, de poder captar esos conocimientos y ponerlos a disposición del sector industrial, de un grupo o sector con responsabilidad de decisión o de programación de investigación. Hoy en día existen tecnologías de la información que están en estado de madurez tecnológica y nos permiten trabajar en un nivel de conocimiento, lo que se llama la *ingeniería del conocimiento*.

LA INGENIERÍA DEL CONOCIMIENTO

Para poder trabajar en esta esfera de la ingeniería del conocimiento, necesitamos movilizar un cierto número de recursos científicos y tecnológicos: ingeniería informática, ingeniería matemática e ingeniería lingüística.

Un sistema de investigación presenta al menos tres dimensiones. Se trata de un conjunto de investigadores que producen *textos* que, a su vez, contienen *conocimientos*. Así mismo, estas dimensiones están relaciona-

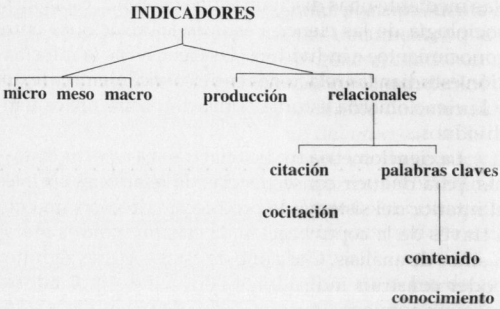
das mediante unas disciplinas que cubren el espacio: la sociología de las ciencias estudia las relaciones entre conocimientos e individuos; las ciencias de la información estudian las relaciones entre conocimiento y texto; y la cienciometría estudia la relación entre textos e individuos.

La cienciometría tradicional trabaja a partir de textos, para deducir consecuencias de relaciones sociales al interior del sistema de producción de conocimiento a través de la copublicación, la citación y otros mecanismos de análisis. Cada uno de estos sectores significa poder construir indicadores pertinentes: indicadores socioeconómicos, represen-tados por científicos e investigadores; indicadores bibliomé- tricos, interesando el análisis de textos en general e indicadores de conocimiento, que se proponen representar el eje del conocimiento.

Por otro lado, se habla de indicadores *macro,* cuando la escala es un país o una región del mundo; de indicadores *meso,* cuando se trata de instituciones, y de indicadores *micro,* cuando es un individuo, un laboratorio o centro de investigación. (Figura 1).

Asimismo, están los indicadores de la *producción,* que incluyen el concepto de la bibliometría tradicional, en los cuales se estima que el *output* de una actividad de investigación es la publicación, hipótesis que es relativamente fuerte. Por tanto, como indicadores de producción, se cuenta el número de publicaciones que un individuo, un laboratorio o un país puede producir.

Finalmente existen indicadores de relaciones o *relacionales,* a través de los cuales se hace el análisis de las copublicaciones, y entre ellas las asociaciones que se es-



(Figura 1)

tablecen entre países, laboratorios, etc. y los indicadores de *análisis de citación* en donde no hay sino una sola base de datos en el mundo, que es la fuente de información para poder realizar este tipo de análisis.

El análisis de citación se plantea como una manera de evaluar la importancia de un texto en una publicación científica. Por ejemplo, yo puedo ser un individuo de cien publicaciones pero con diez citaciones. Al lado puedo encontrar un colega con diez artículos, pero con cien citaciones. Este sería un indicador de utilización de esa literatura producida y una manera de establecer una evaluación de los textos que son más utilizados que otros. En este caso, un científico hace "préstamo" del artículo de otro científico y lo incorpora al suyo por alguna razón, y ahí nace el análisis de cocitación.

De este modo se sofistica el análisis de citación que permite entonces construir lo que el Science Citation

Index, SCI, nos propone: cartas de la ciencia fundadas en el análisis de cocitación y la construcción de lo que se llama los *frentes de investigación*.

El problema de los indicadores relacionales (copublicación, citación o cocitación) como indicador de análisis, es que el contenido de la información no entra directamente, sino de una manera indirecta. Por ello se utiliza el recurso de las palabras claves, también una vieja técnica del mundo bibliotecario y documental. Se indican las referencias bibliográficas que están como pie de página en el texto, para poder saber el contenido de ese documento. De ahí nace la técnica de las palabras asociadas, hacia los años 80 en Francia. Se utiliza entonces la misma técnica empleada en las cocitaciones, pero a nivel de las palabras claves, como un indicador de contenido.

Para desarrollar una cienciometría cognitiva tenemos que considerar tres ejes:

1. *La informática*, donde aparece la noción de información en el sentido físico del término, que es la teoría matemática, o estadística de la comunicación (Shannon), modelo que permite cuantificar la información. En la teoría de Shannon no hay ninguna referencia al contenido. Se miden sólo en bits, número de caracteres.
2. *La bibliografía*, o sea trabajar a partir de textos. Los textos tienen un comportamiento como producto de la creación humana, objetos culturales, en donde somos nosotros los creadores de esos objetos (publicaciones y los textos escritos). Bradford y Lotka han aplicado estadísticas a los textos, el pri-

mero hacia las revistas y el segundo hacia los autores. En tanto que autores, tenemos un comportamiento estadístico que corresponde a un cierto tipo de distribución, en el cual, por un lado se encuentra una concentración altamente productiva de revista o de palabras, y del otro, una población de palabras, autores y revistas enormes de una baja productividad. Zipf descubre leyes estadísticas en la utilización de palabras. Bradford descubre que las revistas periódicas, como fuentes y como productores de información, corresponden a un tipo de distribución de este tipo, y Lotka descubre leyes al nivel de los autores.

Alrededor de estas tres leyes se construye la bibliometría tradicional clásica, que, aplicada a la sola literatura científica ha dado origen, en parte, a la que hoy día se llama cienciometría, salvo que la cienciometría incorpora también análisis, concerniendo las comunidades científicas desde el punto de vista demográfico y los recursos e insumos económicos.

En la ecuación de Mandelbrot,

$$(r) * f(r) = \text{constante}$$

$$p(r) = \frac{A}{(r+B)}$$

(Mandelbrot, 1966), se formula un modelo matemático donde se liga el modelo de Shannon a la ley de Zipf, es decir, que se asocia el comportamiento electrónico de la información, al comportamiento del análisis estadístico en la regularidad del len-

guaje de las palabras, lo que permite formular algoritmos que trabajan al nivel del texto, de palabra.

3. *La lingüística computacional*, que no es la lingüística tradicional, tiene como objetivo automatizar el procesamiento del lenguaje natural. Alrededor de esta lingüística está el fenómeno de la traducción automática del texto, toda una serie de problemas en los cuales se está jugando el mañana.

   En nuestro caso, dado que la ciencia es un conocimiento escrito, tiene dos estatutos: un conocimiento subjetivo, es decir, la pérdida del nombre de un científico para una comunidad, es una pérdida de conocimiento. Consideramos que ese conocimiento es subjetivo porque su soporte es un sujeto. El otro es el conocimiento escrito en donde el soporte es un texto escrito o electrónico. Por tanto nuestro interés cuando nos especializamos en el tratamiento de la información científica y técnica —artículo, libro, informe o patente— es el conocimiento escrito.

   En nuestro caso, el modelo matemático en el sentido amplio del término, es un modelo que se inspira no en estadísticas inferenciales o estadísticas descriptivas, sino en una alternativa que emerge al interior del mundo estadístico, que es el análisis de datos o la estadística multidimensional.

MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Existen dos métodos de análisis de datos: los métodos de análisis factoriales y los métodos de clasificación automática. Estos últimos se subdividen en jerárquicos y no jerárquicos. En los no jerárquicos hemos desarrolla-

do uno de nuestros programas, *Neurodoc*, que consta de una base neuronal. En ellos se encuentran los centros móviles.

En los métodos jerárquicos de clasificación encontramos dos clases:

a) Ascendentes. Consiste en "agregar" a partir de una masa de información, es decir, agrupar los datos bibliográficos de acuerdo con ciertos parámetros. Nosotros utilizamos lo que en inglés se llama el *single linkage*, la simple relación, y el *SDOC* está fundado en ese sistema de agregar a partir de una masa de información.
b) Descendentes. Consiste en "dividir". Se parte de un tipo de principio, y se utiliza un coeficiente de asociación para poder establecer las relaciones entre dos individuos y entre clases.

Hay que establecer unos parámetros para que no todos los datos o individuos se encuentren en una sola clase y por tanto se produce una clase, un *cluster*. Pero, ¿cuál es la unidad de partida de estos *clusters*? Nosotros partimos de las palabras claves como indicador de contenido (conocimiento) y procedemos a la clasificación jerárquica o no jerárquica para agregar en un *cluster*.

¿Que es un *cluster*? Es una clase que comporta un número de pisos: el primero contiene una información cuantitativa. En el segundo se encuentra la búsqueda documen- taria, la que contiene la lista de palabras que se agregaron en ese *cluster*, en las que están indicadas la frecuencia de utilización de la palabra clave y la ponderación de la palabra al interior del *cluster*. El tercero, y el más interesante, es un indicador relacional en el

que se establece una relación entre las palabras. Dicho de otro modo, dos palabras que sirven para caracterizar un documento, puede caracterizar *n* documentos y por tanto se le puede asignar un valor de asociación. Es una manera de construir un concepto. El cuarto consiste en las asociaciones entre las clases y representa un indicador de la temática al interior de la información que estamos analizando. Por tanto podemos establecer relaciones entre los temas. Es una palabra que pertenece a una clase asociada a otra que pertenece a otra clase. En esta etapa podemos interrogar el número de artículos por medio del sistema de hipertexto. Haciendo un "click" sobre un determinado icono, podemos visualizar los títulos del artículo e ir a la referencia bibliográfica. Otro icono nos indica el número de autores que han tratado ese tema. Tanto los artículos como los autores tienen un índice de ponderación que nos permite evaluar su pertinencia e importancia, y por tanto, representar la información, en un nivel cognitivo. Un tercer icono nos permite tener acceso a los títulos de la publicación que están como fuente de información, los cuales también están evaluados por una ponderación de pertinencia a la clase y al tema. Por tanto si seguimos analizando, si aplicamos métodos de cienciometría tradicional al interior de una clase, podemos ver quién cita a quién.

Si aplicamos un análisis de citación al interior de una clase, podemos hacer todo el análisis de los laboratorios que son más significativos al interior de un tema. La idea es que al interior de la información, no hay temática ni conocimiento aislado. Todo conocimiento

está al interior de una red que lo estructura y le da la noción de contexto.

Ya hemos hablado de las clases y de los *clusters*. Pero hay otro tipo de indicador de posición de tema que se denomina el *mapa*.

En términos concretos, estamos en la primera generación de producción de estos *útiles* o técnicas de la inteligencia, para poder representar conocimiento. Nuestro interés es pasar de este tipo de *mapa*, a *mapas* en donde haya una información semántica más fuerte, lo que significa utilizar otras técnicas como las redes semánticas y los grafos conceptuales, un terreno que hemos denominado "de la representación del conocimiento". Se trata de ir a una segunda generación de técnicas de cienciometría cognitiva, donde se pase de ser *mapas* estrictamente estadísticos, a *mapas* en donde el elemento cognitivo sea representado de una manera más fuerte, o sea pasar de la noción de base de datos a una base de conocimiento.

Resumiendo, los programas informáticos Neurodoc y SDOC que hemos concebido permiten organizar la información en clases o temas para tratar de explicitar el conocimiento implícito, mostrar la posición de los temas en un espacio bidimensional y usar la técnica del hipertexto como método de exploración. Utilizando ciertos fenómenos lingüís- ticos, la finalidad es ahora producir indicadores de conocimiento, lo que significa poder formular estos fenómenos lingüísticos de una manera cuantitativa, con miras a poderlos introducir en los métodos de clasificación automática.

Refiriéndome a la creación de una plataforma lingüística-infométrica, de una parte tenemos lingüística

computacional, o sea la tecnología y la infometría, es decir, los métodos que hemos desarrollado. Para poder implantar una tecnología de lingüística computacional debemos utilizar recursos terminológicos (un vocabulario, un *thesaurus*), que se convierten en la forma canónica de una nomenclatura científica, y permiten identificar términos al interior del texto integral.

La idea original de esta plataforma es poderla aplicar en el tratamiento de los informes de la literatura gris en donde hay masas de textos escritos. Viene entonces el desafío, que consiste en el problema de definir indicadores lingüísticos de fenómenos que podríamos detectar al interior del texto escrito.

Partimos de la base de que el lenguaje científico es un lenguaje sumamente estereotipado. Si comenzáramos a mirar el fenómeno lingüístico de la variación al interior de este lenguaje especializado, significa que estamos frente a un hecho lingüístico, y es que se está construyendo un nuevo concepto. Se trata de un fenómeno del lenguaje, como lo llaman los informáticos lingüistas, que proviene de tres familias: inserción, coordinación y permutación. Son fenómenos de lenguas que pueden ser tratados automáticamente.

Finalmente, hoy día los *clusters* pueden ser clasificados por un indicador lingüístico, caracterizando un fenómeno del lenguaje al interior de los escritos científicos que nos permite darles una ponderación, porque el lenguaje está dentro de dos polos. Al descubrir la relación entre zonas lingüísticas estabilizadas y zonas lingüísticas donde la variación es representativa, tenemos un fenómeno lingüístico al cual le hemos dado un papel de indicador, que consideramos ya un indicador

de conocimiento más fino, porque está mucho más próximo al conocimiento escrito.

En conclusión, hoy en día tenemos tres niveles de información, elaborada por los métodos infométricos utilizados:

1. Nivel lingüístico, que a través de los indicadores correspondientes miden la variación y la estabilidad de los términos utilizados por los investigadores en sus escritos.
2. Nivel temático, representado por los *clusters*, por los métodos de clasificación automática.
3. Nivel estratégico, que son los *mapas*.

INTERNACIONALIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA LATINOAMERICANA UNA APROXIMACIÓN BIBLIOMÉTRICA COMPARATIVA

Nohora Narváez - Berthelemont
Universidad Autónoma de México,
México

Los debates sobre las ciencias ignoran tradicionalmente a los países en desarrollo como actores posibles, dado que éstos en efecto son más objetos que protagonistas de la ciencia. Partiendo de estos hechos, delimitamos nuestro campo de estudio a América Latina durante los años ochenta, preguntándonos inicialmente si existía una actividad científica internacional, y si ésta era medible y visible.

La cooperación científica y técnica en América Latina en el transcurso de la década de 1980 ocupa un lugar limitado dentro de los proyectos de desarrollo regionales. Los investigadores son pocos y se encuentran al margen en la toma de decisiones; por otra parte, los aportes financieros atribuidos a la investigación son insuficientes y los cambios brutales de régimen político o de ritmos económicos rompen el curso de los proyectos científicos. Así la cooperación científica entre los países de América Latina es débil.

A partir de los años cincuenta, se ha progresado en la creación de organismos de investigación en ciencia y tecnología. Hoy, sin embargo, la ciencia y la tecnología no han encontrado un espacio consistente en el proceso de integración comercial y económica dentro de los acuerdos multilaterales efectuados en los últimos 30 años.

Numerosos estudios que se han efectuado consideran a la copublicación científica como medida de la actividad científica internacional de la región. Estos estudios, no obstante, tratan únicamente la producción de documentos que aparecen en revistas de cobertura internacional y no toman en cuenta a las revistas locales. Los resultados correspondientes se debían tomar con precaución, ya que su objetivo era parcial.

Enfrentados a este hecho, nos propusimos consultar las revistas locales y determinar si efectivamente las copublicaciones internacionales de investigadores latinoamericanos eran representativas de la actividad científica internacional de la región. En última instancia, si se pretendía medir la actividad científica internacional de la región, se tenía que establecer también lo que se debía consultar.

En esta tesis nos propusimos despejar las tendencias internacionales de la investigación latinoamericana, por lo cual efectuamos un censo de publicaciones periódicas, las cuales fueron descritas y analizadas bajo diferentes aspectos y nos enfocamos particularmente en lo que llamamos sus "niveles de internacionalización". En este trabajo se utilizaron ampliamente los métodos de la bibliometría.

La primera parte de la tesis identifica y evalúa la literatura científica latinoamericana de las publicaciones periódicas. Para ello se creó un cuadro de flujo de literatura científica de esta región del mundo. El hecho de que una revista periódica respete escrupulosamente la periodicidad anunciada fue considerada como una cualidad. Asimismo, a partir de los datos básicos de las publicaciones periódicas de la British Library, se cons-

tituyó una base de datos para nuestros diferentes análisis. Esta base comporta 1.154 revistas periódicas, todas ellas publicadas durante 1989 en 26 países de América Latina, y a las cuales se puede acceder por disciplina, fecha de primera publicación, periodicidad, idioma de la publicación y nivel de internacionalización.

La segunda parte trata sobre el nivel de internacionalización de la literatura. Se recensan los artículos de coautoría con participación de investigadores de América Latina y de colegas de otras latitudes en revistas de la región. Para obtener una muestra representativa, nos limitamos a México en el campo de ciencias de la vida, durante el año 1986. Se consultaron dos bases de datos latinoamericanas: Periódica y Lilacs, las cuales, sin embargo, no permitieron la identificación de los documentos copublicados internacionalmente. Se debió entonces consultar cada documento impreso para identificar y seleccionar las copublicaciones internacionales de los artículos en cuya autoría participaron mexicanos. Esa fue la única manera de determinar el grado de visibilidad de la internacionalización de la actividad científica de ese país a partir de la literatura periódica regional. Nuestro análisis muestra que los artículos de coautoría internacional son muy pocos; sin embargo los que se identificaron sirvieron como punto de partida para realizar una encuesta individual que se llevó a cabo con los investigadores mexicanos. Los resultados correspondientes permitieron establecer el significado profesional y personal de estas colaboraciones internacionales, así como revisar algunas de sus modalidades. Posteriormente se quiso evaluar la visi-

bilidad de las revistas en las cuales estaban publicados estos artículos. De este modo, consultamos cinco bases de datos diferentes, nacionales e internacionales, especializadas en ciencias de la vida.

Se demostró que no era representativa la actividad científica internacional, dado el pequeño número de artículos copublicados internacionalmente en revistas locales de la región y que, por tanto, no constituía un dato útil para medir esta actividad. De esta manera nos concentramos en la tercera parte de la tesis, que trata sobre los artículos publicados en revistas internacionales.

Estas publicaciones fueron identificadas en bases de datos de corte internacional, como el Science Citation Index, SCI, concebidas para permitir el acceso al documento. Gracias a esta información, se alcanzó a ilustrar la amplitud de la colaboración de los países de América Latina a nivel internacional entre 1980 y 1990. En ese sentido se cuantificó la producción regional y nacional de diferentes grupos de países, se midió el compromiso de producción de las instituciones, revelándose una información extremadamente fecunda. Se determinó también el grado de continuidad de una colaboración, la calidad del seguimiento y los aspectos múltiples más finos de la colaboración existente entre un país latinoamericano y un país desarrollado. Cedimos también a la curiosidad de situar un paralelo de las relaciones científicas que mantienen los países miembros de un acuerdo comercial trilateral subregional. Nuestro trabajo resalta una tendencia creciente de los investigadores de América Latina a trabajar en copublicación con colegas de otras regiones del mundo,

reforzando así la tendencia de valorizar las revistas de cobertura internacional.

Concluimos que el respeto de la periodicidad de una publicación es un indicador de calidad que la conduce, a corto o a largo plazo, hacia una visibilidad local y, posteriormente, internacional. La visibilidad de las colaboraciones científicas en las revistas locales se favorece en la copublicación de artículos internacionales, solamente si las revistas tienen una visibilidad internacional. Los investigadores demuestran predilección por publicar en revistas internacionales con el fin de obtener un reconocimiento de sus pares y una evaluación favorable de las instituciones.

Asimismo, la visibilidad de las actividades de los países de América Latina en colaboración internacional se mide a través de la bibliometría. Los estudios se apoyan en fuentes que constituyen las bases de datos que indican revistas de cobertura internacional. Los estudios a partir de revistas locales pueden ser válidos para otros objetivos como la descripción de la producción total o nacional, pero no de la actividad internacional.

Se observó también que los resultados de investigación se publican más en revistas internacionales si se tratan temas de ciencia fundamental y si, por el contrario, el tema aborda ciencia aplicada, tales como investigaciones, se publican en revistas locales.

Es verdad que ninguna base de datos es exhaustiva y que la información varía de una fuente a otra. Sin embargo se constató que los trabajos en colaboración internacional de los investigadores latinoamericanos son netamente más presentes en las revistas de cobertura internacional.

El análisis de la producción científica de los países en desarrollo sigue siendo objeto de debate, y la herramienta adoptada generalmente es el análisis bibliométrico de las revistas internacionales. Desde hace varios años un nuevo argumento surgió afirmando que era imposible que la ciencia de los países en desarrollo alcanzara una verdadera visibilidad en la literatura del *mainstream*. Esta tesis demuestra que, cuando se trata del análisis de la colaboración internacional de los países en desarrollo en ciencia y tecnología, la información se localiza adecuadamente en las grandes bases de datos.

EL JUEGO DE LOS INDICADORES ¿PARA QUÉ Y A QUIÉN SIRVE UN OBSERVATORIO DE LA CIENCIA Y TECNOLOGÍA EN COLOMBIA?

Jean Baptiste Meyer
Investigador del Instituto Francés de Investigación Científica para el Desarrollo de la Cooperación ORSTOM, Francia

¿Para qué y a quién sirve un Observatorio de Ciencia y Tecnología en Colombia? En este artículo intentaremos contestar a esa pregunta y lo haremos simulando ser cuatro potenciales usuarios de los indicadores. cada uno con sus propias y particulares necesidades.

Estos usuarios potenciales son: un responsable de la política científica del país, un representante o delegado regional un rector de universidad y un científico, jefe de un equipo de investigación.

Demostraré así las problemáticas y las ventajas que los indicadores de ciencia y tecnología ofrecen a quienes se interesan en el seguimiento de las actividades del sector en tres niveles: macro (nacional), meso (regional e institucional), y micro (la unidad de investigación). Para cada caso, tomaré sólo algunos indicadores, que permitirán visualizar la forma como satisfacen las necesidades en cada nivel y de cada usuario, en la concepción de su trabajo y en la orientación de sus decisiones.

Los indicadores y los resultados presentados son parte de un trabajo realizado por el equipo de estudio colombo-francés de la Red Caldas, conformado por investigadores de la Universidad Nacional de Colombia, la Universidad del Valle y el Instituto Francés de Inves-

tigación Científica para el Desarrollo en Cooperación, ORSTOM.

NIVEL MACRO: RESPONSABLE DE LA POLÍTICA CIENTÍFICA NACIONAL

Simulemos que soy un responsable de la política científica nacional y tengo una duda sobre el desarrollo de la actividad en Colombia a partir de las medidas de comienzo de la década (Ley 29, creación del Sistema Nacional de C&T, aumento de los recursos dedicados a la investigación, etc.). Tomo un indicador: el número de publicaciones científicas con autores colombianos registrados en una base internacional, la base Pascal del INIST, en Francia. Escojo esta base porque tiene una gran cobertura de la producción científica de los países en desarrollo comparada con la de otras bases, por ejemplo las norteamericanas. La base Pascal no sólo recoge los artículos de las grandes revistas internacionales, sino también los de otro tipo de publicaciones, como actas de coloquios y revistas locales, entre otros, lo que me entrega una información más completa de la producción colombiana en ciencias exactas. En el caso de las ciencias sociales necesitaríamos consultar otra base distinta.

La Figura 1 muestra el índice de crecimiento de la producción científica colombiana. La base (Indice 100), corresponde al año 1991, año que sucedió a las reformas que me interesa averiguar, y veo que los primeros años de puesta en funcionamiento del Sistema Nacional vienen acompañados de una dinámica positiva. ¿Puedo decir que el aumento de la producción de artículos es una consecuencia directa de las medidas toma-

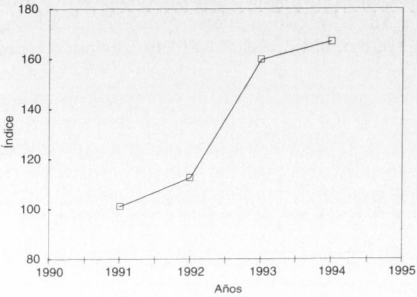


Figura 1

das unos años antes? No. Ese crecimiento no puede ser una traducción tan instantánea. La actividad de C&T es de más largo plazo y los efectos de un cambio de política, como el que aquí consideramos sobre la producción científica colombiana, se podrá ver con los mismos indicadores al cabo de algunos años. Pero, si soy uno de los que trabajaron para que se dieran esos cambios, termino ni consulta con más confianza: obviamente, la tendencia es a favor y no en contra de las medidas decididamente promovidas en su tiempo.

Más tarde me surge otra pregunta en cuanto a la política de internacionalización de la ciencia y a su compatibilidad con la regionalización, consciente de que las dos son necesarias para el país. Tomo dos indicadores a mi disposición: la distribución por centros de producción, es decir el número de publicaciones según el lugar donde trabajan sus autores (base Pascal) y el

número de proyectos de cooperación científica internacional realizados con agencias como USAID, la Agencia Internacional para el Desarrollo (Estados Unidos), la Unión Europea y la IDRISS (consorcio de agencias de países escandinavos, Japón, etc.) registrados en sus bases individuales. La yuxtaposición de la información de diferente bases me muestra la correlación que existe entre el nivel de cooperación y el de producción científica en el país.

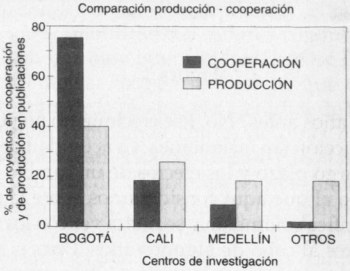


Figura 2

Las columnas de la Figura 2 indican el porcentaje de proyectos en colaboración que las agencias internacionales tienen con instituciones de investigación en Bogotá, Cali, Medellín y otras ciudades. Las otras columnas indican lo mismo en cuanto a la cantidad de publicaciones según el lugar. La comparación es muy expresiva: la cooperación se concentra en las ciudades

donde se produce más y obviamente en Bogotá, donde se realiza el 78% de los proyectos llevados a cabo en colaboración con las grandes agencias. Por el contrario, los lugares que sufren una carencia productiva casi no logran atraer acuerdos internacionales. El efecto polarizante de la cooperación internacional se muestra entonces fuertemente. Como alto responsable de la política científica del país, salgo esta vez mucho menos satisfecho de mi consulta, pero con una idea más clara de lo que puede ser una compatibilización de las necesidades de internacionalización con las de regionalización. Paso los datos a mis servicios de Relaciones Internacionales para que ellos desarrollen una orientación más equilibrada de los convenios con estas agencias.

NIVEL MESO: RESPONSABLE REGIONAL

Ahora soy un responsable regional, y como tal, quedo muy interesado por los indicadores anteriormente expuestos. Este hecho alimenta mis reflexiones y estrategias para lograr un apoyo más adecuado por parte de las agencias, tanto del exterior como del interior. Pero como representante regional, quiero saber más sobre los niveles de producción científica en el país. Una contabilidad a través de Pascal me da la siguiente repartición:

La concentración sobre Bogotá es obvia, pero también significativa en el resto del país. El Valle del Cauca y Medellín ofrecen un contrapeso importante. La primera región, especialmente, demuestra un dinamismo interesante. Comparando este mapa con otro de la producción industrial del país, se nota una divergencia:

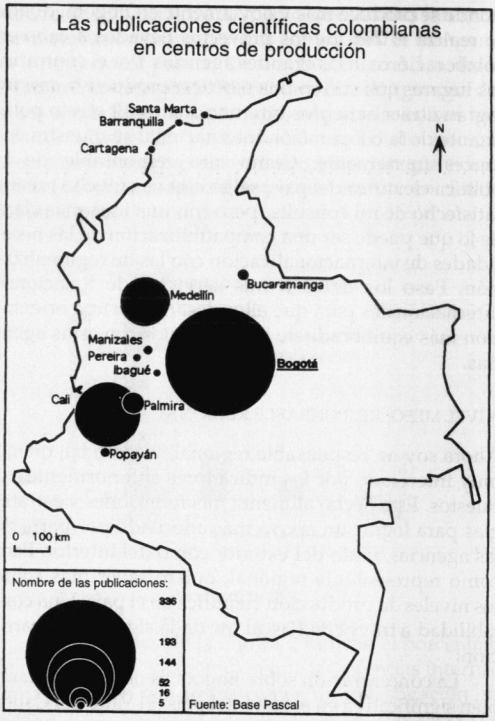

Las publicaciones científicas colombianas
en centros de producción
Santa Marta
Barranquilla
Cartagena
N
Bucaramanga
Medellín
Manizales
Pereira
Ibagué
Bogotá
Cali
Palmira
Popayán
0 100 km
Nombre de las publicaciones:
336
193
144
52
16
5
Fuente: Base Pascal

Figura 3

Medellín supera al Valle en el segundo, mientras que, según el primer mapa, Cali aparece como más activo en investigación, lo que nos confirma la separación de las actividades científicas con las productivas del país. No constituye un aporte muy nuevo, pero, como responsable regional, me permite abrir unas interrogaciones válidas. ¿En qué campo se concentran más esas numerosas publicaciones en las instituciones del Valle? Comparándolas con datos de la Cámara de Comercio de la región puedo ver si existe una relación con sectores económicos en expansión y planear un desarrollo técnico-económico a mediano plazo.

Rector de universidad

Como rector de universidad quiero hacer lo mismo que el responsable de una región: ubicar el aporte de mi institución dentro de la producción científica nacional. Para esto tengo eventualmente datos de mi propia universidad y datos internacionales. Los primeros me dan una apreciación más interna y los segundos una mirada más fiel de la visibilidad de los trabajos académicos. Tomando la base internacional:

En la Figura 4 aparece que hay una multitud de instituciones que producen material científico en el país: 140 instituciones. Pero la mayoría produce poco o muy poco pues dos tercios vienen de sólo cinco instituciones, todas del sector público. La Universidad Nacional aparece como la máquina que impulsa la investigación en el país, lo que no sorprende considerando que tiene también la mayoría relativa de científicos. A partir de este gráfico, se podría hacer una relación con la cantidad de personal académico por ins-

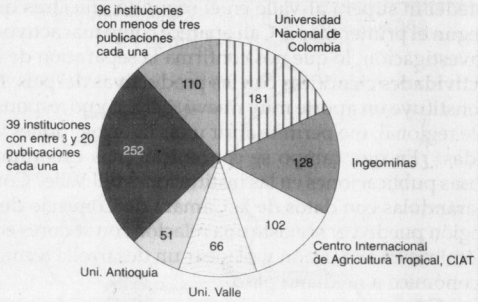


Figura 4

titución y sacar índices de productividad institucional. Esto podría servir para calificar las condiciones propicias a la creación científica.

Ahora, si soy el rector de la Universidad Nacional, seguramente me gustaría saber a qué se debe semejante éxito. Consulto entonces las estadísticas producidas por mi propia institución.

Correlacionando estos datos con las medidas de estrategia del desarrollo científico tomadas anteriormente, me doy cuenta que el crecimiento agudo al principio de la década se relaciona, en parte, con los estímulos al personal docente e investigativo de la universidad, y más específicamente con dispositivos de interés directo de los investigadores para la publicación de sus trabajos.

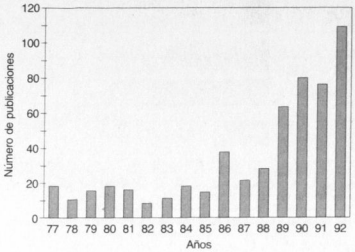
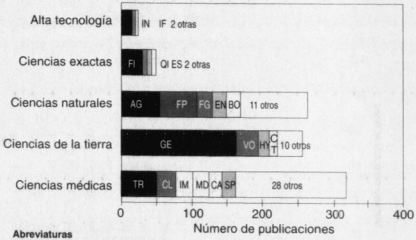


Figura 5

NIVEL MICRO: UN INVESTIGADOR, RESPONSABLE DE UN EQUIPO CIENTÍFICO

Ahora soy un investigador. ¿Para qué me pueden servir los indicadores? Soy el jefe de un grupo de investigación en agronomía, especializado en genética de las plantas leguminosas. Me gustaría saber el nivel de importancia y la dinámica de mi campo en Colombia. La base Pascal me permite mirar esos aspectos con bastante precisión, aunque una base nacional, si existiera, me podría dar información aún más fina. La base Pascal me indica la distribución temática detallada de todas las publicaciones científicas que contiene:

En la Figura 6 se puede apreciar que las ciencias médicas son las más importantes, pero que están subdivididas en muchas disciplinas (medicina tropical, clínica, inmunología, etc.) Vienen después las ciencias de



Abreviaturas
IN Ingeniería; IF Computación
FI Física; QI Química; ES Estadística
AG Agronomía; FP Fitopatología; FG Fitogenética; EN Entomología; BO Botánica
GE Geología; VO Vulcanología; HY Hidrología; CT Cartografía
TR Tropical; CL Clínica; IM Inmunología; MD Genera l; CA Cardiología; SP Salud Pública

Figura 6

la tierra con una disciplina masiva, la geología, y después la vulcanología, la hidrología y la cartografía.

Vemos también que las ciencias exactas y la alta tecnología no son campos de creación visible a nivel internacional. Por supuesto, estos indicadores son de gran interés para un jefe de programa o un Consejo de programa del Sistema Nacional de C&T, o incluso para un empresario. A través de esta distribución disciplinaria aparece que Colombia tiene una ciencia bastante orientada hacia problemas locales: movimientos sísmicos y vulcanológicos, enfermedades locales o tropicales, etc., lo que indica una relación positiva de la academia con retos físicos y sociales del país. Pero la muy débil concentración en disciplinas tecnológicas denota una capacidad limitada de generación interna de la innovación industrial, una dependencia aguda del exterior en esta área, y por consiguiente, una vulne-

rabilidad comprobable en el contexto de una economía abierta, donde las ventajas competitivas se tejen a través del conocimiento y de la creación tecnológica.

Pero volvemos al caso de nuestro agrónomo, jefe de una unidad de investigación. Mi interés particular son las ciencias naturales. Veo con satisfacción que mi disciplina la agronomía, tiene una actividad productiva intensa y que las otras disciplinas con las que se relaciona mi trabajo —genética de plantas leguminosas, fitopatología y fitogenética— están bien representadas. Aparecen también activas la entomología y la botánica, lo que es una satisfacción en el país de José Celestino Mutis, teniendo tanta biodiversidad por investigar. Ahora, quiero entrar en un nivel de detalle más preciso y conocer la dinámica de los contenidos científicos de mi campo, para ver cómo se posiciona y evoluciona mi temática. ¿Será que el Observatorio me puede dar elementos para ubicarme en un campo tan grande y diverso? Sí. Lo hace, utilizando indicadores relacionales, con un *software* específico que se llama Leximappe. Este *software* calcula las co-ocurrencias de palabras claves, o descriptores, que caracterizan a cada una de las publicaciones. Se considera que la frecuencia de co-ocurrencias indica la importancia y la consistencia de los campos. Es decir que si, dentro de un corpus de publicaciones, aparecen asociados con frecuencia los mismos descriptores, la temática a la cual remiten tienen estas dos cualidades: importancia y consistencia o, como el *software* las llama, centralidad y densidad. El tema es denso, cuando las relaciones internas del *cluster*, o sea la frecuencia de asociación de los descriptores que lo constituyen, son altas, indicando la estructura-

ción fuerte del tema en relación con los otros. Un tema es central cuando la palabra clave que agrupa a otras (co-ocurrencia), conformando en conjunto un *cluster* que delimita un área temática, se encuentra con frecuencia; indica, asimismo, que el tema lidera en el campo global del corpus. Los dos aspectos, centralidad y densidad, se visualizan sobre un mapa, un diagrama estratégico, donde los temas se distribuyen a lo largo de estos dos ejes.

Los temas que aparecen en la Figura 7 (posicionamiento de los temas) ubicados en el cuadro a la derecha arriba, son los más centrales y densos, es decir, los más estructurados internamente y que estructuran con mayor intensidad el campo global. Los que aparecen en el cuadro derecho abajo son centrales pero menos estructurados internamente. Este cuadro indica generalmente campos emergentes, o sea, los que son dinámicos pero a los que todavía les falta una coherencia fuerte. Los cuadros a la izquierda indican temas de menor importancia, o sea que son bien consistentes pero con poca importancia en el campo global (cuadro izquierdo arriba) o poco centrales y poco densos, con relación a los otros grupos del corpus considerado.

Ahora miramos lo que le interesa a nuestro agrónomo, tomando el diagrama estratégico de las ciencias naturales durante 1993 y 1994. en el primer año nos muestra varios temas que presentan una cierta importancia y consistencia en las publicaciones. La agronomía (*angiospermae*, planta cerealisa y fitopatógeno) y al botánica (diagnosis) aparecen, dejando de lado la entomología, ciencias marinas u otras temáticas. La genética es central pero todavía poco densa. Entramos en el

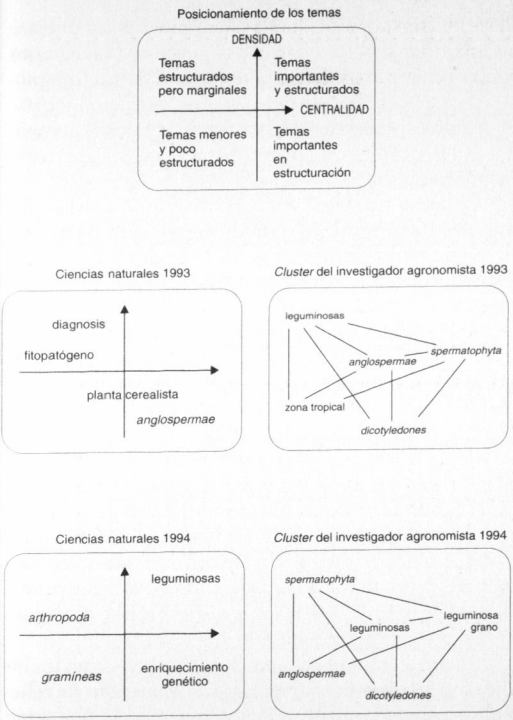

Posicionamiento de los temas
DENSIDAD
Temas estructurados pero marginales
Temas importantes y estructurados
CENTRALIDAD
Temas menores y poco estructurados
Temas importantes en estructuración
Ciencias naturales 1993
diagnosis
fitopatógeno
planta cerealista
anglospermae
Cluster del investigador agronomista 1993
leguminosas
spermatophyta
anglospermae
zona tropical
dicotyledones
Ciencias naturales 1994
leguminosas
arthropoda
gramíneas
enriquecimiento genético
Cluster del investigador agronomista 1994
spermatophyta
leguminosa grano
leguminosas
anglospermae
dicotyledones

Figura 7

cluster y constatamos que las leguminosas de nuestro investigador se relacionan con al genética. Navegamos hacia el *cluster* más denso pero menos central (diagnosis) y vemos la relación entre la caracterización morfológica de especies nuevas con su distribución geográfica y las condiciones microcósmicas de su aparición (hábitat).

Pasamos al año 1994. El diagrama estratégico muestra una transformación de temas. El que importa para nuestro investigador se volvió más denso y pasó del cuadro "temas emergentes" al cuadro de los "desarrollados y estructurados".

Este último es un caso positivo que he presentado intencionalmente para volvernos optimistas con respecto al método. Lo cierto es que de todos modos este método, aunque permite una lectura de las dinámicas de campos muy especializados para una persona externa a ellos, sirve aún más a quienes pueden entender plenamente los términos especializados, es decir a los investigadores mismos. El método, como se ve, es de mucha utilidad para el Sistema Nacional de C&T, pues permite ubicar los temas dinámicos y los que necesitan empuje, y orientar así las asociaciones, escoger prioridades, etc., e influir en la toma de decisiones, la asignación de recursos y el estímulo selectivo.

En fin, como conclusión, debemos pensar en los indicadores como instrumentos que alimentan la reflexión y el seguimiento. Vimos que tienen una gran fuerza explicativa y demostrativa. Sin embargo, desarrollan su capacidad más que todo cuando se combinan varios de ellos para responder a preguntas específicas e identificadas. Hemos utilizado aquí varios

indicadores (de volumen y relacionales) y varias fuentes de datos (Base Pascal, bases de datos de las agencias de cooperación y la de la Universidad Nacional), que indican la importancia de los indicadores a partir de algunos ejemplos. Un Observatorio permitiría ejercicios mucho más desarrollados, con combinaciones más sofisticadas y más fuertes. Los indicadores tienen pertinencia solamente si se pueden relacionar entre sí y con los saberes tácitos de los actores humanos que los utilizan a partir de interrogaciones calificadas.

UN OBSERVATORIO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA PARA COLOMBIA
Necesidades, posibilidades y algunas orientaciones generales

Jorge Charum
Investigador del Departamento de Matemáticas y Estadística
Universidad Nacional de Colombia.

La necesidad de fundamentar las decisiones en el banco de la política científica ha sido una reciente adquisición en el ámbito nacional. Esta necesidad ha sido objeto de múltiples reflexiones a nivel del Estado, de las instituciones que albergan unidades de investigación y al interior de los mismos equipos de investigación. La necesidad de articular los intereses de los diferentes actores presentes en el campo, ha orientado las decisiones que se han concretado en las nueve legislaciones a nivel del Estado, en las nuevas regulaciones que se están generando en las instituciones que albergan en su interior unidades de I&D y en las normas, implícitas o explícitas, que se dan los mismos equipos para ubicarse en las áreas y en las temáticas en donde sus competencias pueden ser utilizadas creativamente.

Así, las orientaciones políticas en los niveles macro (nacional), meso (institucional) y micro (laboratorios y equipos de investigación) han llevado a establecer que la noción de Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología debe considerar también los intereses y las actividades presentes en el campo.

La noción de polo ha permitido precisarlos: el polo científico, caracterizado por la producción de conocimientos certificados; el polo tecnológico que integra, transforma y busca valorizar aquellos conocimientos y

el polo de mercado, que busca satisfacer las necesidades de las demandas sociales. Ellos establecen crecientes relaciones que vinculan a actores que anteriormente aparecían aislados y separados.

El avance en la clarificación de las orientaciones políticas en sus tres niveles, en la comprensión de sus necesarias o deseables articulaciones y en la caracterización de los actores y sus intereses y actividades, según pertenezcan o desarrollen actividades en cada uno de esos polos, ha hecho aparecer con mayor fuerza las carencias para fundamentar las decisiones.

En efecto, comienza a ser cada vez más claro que la realización de estudios sobre el posicionamiento nacional o regional de análisis estratégicos o prospectivos son funciones esenciales de la política científica y tecnológica y que para ello se precisa de indicadores confiables, actualizados y pertinentes.

Las discusiones sobre la creación de un Observatorio de Ciencia y Tecnología en Colombia se ubican en la intención de precisar las características que debe satisfacer, las funciones a las que debe responder y el tipo de los productos que puedan permitir orientar las actividades prácticas, fin de toda política.

Se pretende aquí proponer algunos elementos base para orientar la aparición de una entidad que responda a las necesidades percibidas.

El Observatorio de Ciencia y Tecnología debe ser una organización que forme parte del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. Por su carácter nacional, debe responder a las necesidades de crear indicadores que permitan orientar las políticas nacionales (nivel macro), regionales e institucionales (nivel meso) y de

los diversos actores de los polos científico y tecnológico (nivel micro). Su posición debe permitirle mirar en perspectiva la totalidad de las actividades nacionales desarrolladas en el campo de la C&T.

Para satisfacer estas exigencias, debe responder por la creación de indicadores. Básicamente, los indicadores pueden describir tres elementos de la actividad investigativa:

— Los actores de la investigación: investigadores, grupos, laboratorios de investigación, institutos.
— Los programas: acciones pasadas, activas o en construcción.
— Las producciones: publicaciones, intervenciones, patentes, cursos, normas, acciones de popularización.

Junto con las medidas del nivel de actividad, es preciso construir otros indicadores con una orientación más estratégica que tiendan a ubicar las fuerzas y las debilidades de los actores, que pongan en evidencia las características de las actividades desplegadas, las interacciones entre actores, sus comunidades, las redes en permanente configuración.

Además, los indicadores deberán integrar una dimensión temporal, que permita realizar análisis longitudinales para establecer las dinámicas sociales, cognitivas y sociocognitivas que despliegan los actores.

La construcción de indicadores de este tipo responde a la posibilidad de generar estrategias por parte de los diferentes actores y se ubica en lo que podemos llamar la constitución de las condiciones necesarias generales para orientar su acción. La creación de estas

condiciones generales necesarias es asunto de organismos o instituciones exteriores a los propios actores. En este caso, se trata de generar una información pública, disponible, que pueda ser apropiada cuando se cuenta con las competencias para hacerlo. El Observatorio respondería a la función de generar una información que permita tomar decisiones autónomas más fundamentadas.

El Observatorio de Ciencia y Tecnología no es una entidad de evaluación, aunque crea elementos para realizarla. Es una entidad que alimenta al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y que es retroalimentada por las mismas instituciones, genera indicadores, pero su uso para propósitos evaluativos corresponde a otras instancias o instituciones externas.

Las relaciones con las diversas entidades del sector de C&T están reguladas por su disposición y competencia para producir una información periódica. Sus productos son aportes investigativos a la investigación. Es posible que una actividad evaluativa se desarrolle, pero ésta estaría vinculada a los Consejos de los programas del Sistema Nacional de C&T, en cuyo caso debería ser concebida como el desarrollo de una nueva entidad autónoma.

La construcción de los indicadores

La construcción de los indicadores es posible cuando se cuenta con datos consignados y organizados en bases (de publicaciones, de personal docente y administrativo, de patentes, de proyectos, de redes y actores, de fondos de financiación, de convenios de cooperación). También pueden construirse a partir de corpus docu-

mentales y de entrevistas específicas. En cualquier caso, lo importante es que la información esté sistematizada y procesada bajo métodos rigurosos. Esto es lo que constituye la fuerza descriptiva y la capacidad orientadora de un indicador y lo distingue de un discurso especulativo.

La explicitación de las concepciones y los procesos que dan lugar a la constitución de un indicador permiten establecer sus límites y sus potencialidades y ayuda a orientar las interpretaciones de los especialistas y sus acciones.

A partir de las bases de datos se pueden construir indicadores cuantitativos y cualitativos: los primeros son mediciones básicas de volúmenes (de publicaciones o de personas). Se les puede detallar hasta niveles muy precisos (publicaciones o investigadores por disciplina, por regiones, por instituto, etc.) Estos indicadores pueden ser estáticos o dinámicos, ya que se pueden elaborar series de tiempo para mirar las evoluciones. Proveen marcos de referencia de una estrategia científica, pero no permiten calificar las asociaciones que animan la actividad científica y que determinan sus dinámicas.

Para esto último sirven los indicadores relacionales, que describen las asociaciones entre actores y entre contenidos científicos. Hay dos tipos de indicadores relacionales: los de primera generación, que muestran las coautorías, las citaciones y las cocitaciones, y los de segunda generación, que calculan las copresencias de palabras claves y que permiten dibujar mapas sociocognitivos de la actividad científica. Este último tipo es un instrumento ideal para el seguimiento y la planea-

ción de la política científica. Su alto grado de sofisticación teórica y técnica requiere, para su producción, de competencias apropiadas.

Un Observatorio de la C&T debe considerar la generación de indicadores cualitativos y cuantitativos, si se quiere cumplir una misión de apoyo y asesoría a la política científica en sus diferentes niveles, macro, meso y micro.

La mayor parte de los indicadores que se utilizan han sido concebidos y desarrollados en países desarrollados. Su adaptación a las características nacionales o regionales debe ser objeto de estudios específicos que permitan establecer su pertinencia. La generación de nuevos y más adecuados indicadores que permitan mostrar las dinámicas de la ciencia para el caso de los países en desarrollo, debe ser una actividad prioritaria. Esto significa que debe existir una fuerte componente investigativa dentro de las actividades permanentes del Observatorio.

CREACIÓN, INTEGRACIÓN Y ACUMULACIÓN DE CONOCIMIENTOS Y COMPETENCIAS SOBRE LA INFORMACIÓN Y SU PROCESAMIENTO

La construcción de indicadores en el campo de la C&T demanda una gran variedad de competencias específicas. Algunos grupos nacionales ya han logrado una experiencia en la creación de indicadores, a partir de bases de datos constituidas para realizar trabajos específicos. Son experiencias valiosas pero limitadas. La movilización de las competencias nacionales presentes debería estar acompañada de la decisión de constituir un equipo permanente que haya integrado y acumula-

do los conocimientos estadísticos, informáticos, sociológicos, documentalistas, de ingeniería, de economía, que hoy están en la base de la creación de indicadores en el campo de la C&T, con un relativo nivel de complejidad, y en el análisis de grandes volúmenes de información. Parece necesario, en una primera fase, realizar una transferencia de conocimientos y de tecnología desde las instituciones y organismos nacionales e internacionales que ya han logrado desarrollos significativos en el campo. Así, por ejemplo, si nacionalmente se dispone de un conocimiento básico en el campo de la estadística, o de la informática, su aplicación orientada a la generación de indicadores debe considerar el uso de las técnicas, los procedimientos y el saber-hacer adquirido en la misma práctica constructiva de los indicadores. Esto sólo es posible si se logra conformar un equipo nacional que haya ganado la comprensión de las teorías y de los procesos de funcionamiento de los diferentes instrumentos puestos en operación.

Toda transferencia de conocimientos y de tecnologías presupone la existencia de condiciones locales para la recepción, apropiación e integración de los saberes y de la disponibilidad en el medio de recepción de una multiplicidad de saberes complementarios que se movilizan en general a través de redes sociales informales. La complementación local de las condiciones para que haya una efectiva integración y competencia en el campo de la generación de los indicadores científicos, puede ayudar a avanzar con una relativa rapidez en los trabajos de constitución del Observatorio y presupone un activo compromiso con las instituciones interesadas.

La relación directa con quienes poseen el saber-hacer es indispensable en una primera fase de su constitución. No hay que olvidar, sin embargo, que la transferencia de tecnología es un proceso "intercultural" que debe poner en relación a quienes conocen, con quienes quieren conocer, pero que tienen sus propias características e intereses, no siempre coincidentes.

INSERCIÓN EN LAS REDES DE PRODUCCIÓN DE INDICADORES. EL INTERÉS PARA LA INVESTIGACIÓN

Las relaciones con investigadores de algunos organismos y con investigadores en el área, pueden servir de base para establecer convenios de formación y de transferencia de conocimientos y de tecnologías. Instituciones como el Institute of Science Indicators, ISI, el Instituto de la Información Científica y Técnica, INIST, el ORSTOM, el Observatorio Francés de Ciencia y Tecnología, el CICHCU de la UNAM (México), el GRADE de Lima (Perú), la ACAL (Venezuela), han acumulado conocimientos y experiencias que pueden, a través de convenios interinstitucionales, permitir alcanzar una calificación nacional en el campo.

Recoger la experiencia que tienen estas organizaciones existentes en el exterior, sobre la gestión óptima de todas las modalidades de creación de indicadores, será una tarea que se puede realizar a través de consultorías con estas instituciones y de pasantías nacionales o internacionales.

La delimitación de las experiencias nacionales y su utilización y aprovechamiento

Las experiencias nacionales e internacionales de la construcción de modalidades de recolectar, seleccionar, organizar en forma sistematizada la información en el campo y en la generación de diversos tipos de indicadores debe ser considerada y potenciada. Sin embargo, en lo que respecta a la situación nacional, la diversidad de las modalidades presentes exige que se avance en su estandarización y normalización para permitir su organización centralizada y la producción de información con carácter homogéneo que haga posible hacer comparaciones.

La estandarización de la calidad y de las interfases que permita al usuario la compatibilidad con los productos del Observatorio parece ser condición para que se incentive la producción de información estandarizada por parte de las instituciones y que sirvan de base para análisis desde su exterior. Estas externalidades de la red de relaciones con y entre las instituciones seguramente incidirá a su vez en la calidad de la información producida y en la clasificación para analizarla.

El Observatorio de C&T se constituye así en una organización que:

— Normaliza los procedimientos de recolección y de organización de la información producida local o regionalmente, por áreas del conocimiento o de actividad y la procesa para establecer las tendencias y las regularidades y su comparabilidad (entre unidades nacionales, de Colombia con otros países

de la región, con otros países con diferentes niveles de desarrollo, etc.)

— Crea las condiciones para los aprendizajes y la acumulación de competencias en la producción de información básica —base de la estandarización de procedimientos— en la comparación de las unidades de análisis y en la construcción e interpretación de los diferentes tipos de indicadores.

Para ello es necesaria la apropiación nacional de la multiplicidad de experiencias, de conocimientos y de saber-hacer en la constitución de bases de datos y de generación de indicadores. La transferencia de conocimientos y de tecnologías disponibles en el campo internacional, en una primera fase de su desarrollo, debe ser una prioridad. La continuidad de sus relaciones de colaboración y cooperación con las otras organizaciones nacionales, regionales e internacionales con intereses similares debe mantenerse e incentivarse.

La creación de competencias nacionales en el campo debe considerar:

— Los diferentes tipos y niveles de conocimiento especializado básico para lograr la apropiación y la integración del conocimiento y de los procedimientos.
— La constitución de un equipo permanente que haya apropiado los conocimientos básicos necesarios y acumulado, en tanto que grupo, los aprendizajes que se generan en la producción práctica de los indicadores.
— La conformación de una infraestructura material, en equipos, *software*, instalaciones, documenta-

ción, que permita la concentración física y/o virtual de la información básica, la constitución de bases de datos nacionales y la generación de indicadores de diverso nivel de sofisticación y su periódica publicación.

— El establecimiento de convenios de cooperación y colaboración con las instituciones internacionales y con los investigadores del sector de la producción de indicadores de la C&T (institutos de información científica y técnica, observatorios de la C&T, redes regionales e internacionales de creación de indicadores, etc.).

— La inserción activa en las redes internacionales de información en C&T y la vinculación y cooperación con organismos que tienen objetivos análogos al Observatorio de la C&T.

LA CONSIDERACIÓN DE LOS USUARIOS Y DE SUS INTERESES

La consideración de las características de los usuarios y de sus intereses da lugar a la especificación de los indicadores. Las instituciones que tienen a su cargo la orientación de la política científica o el fomento de la investigación, necesitan indicadores a un nivel macro, en tanto que, en el otro extremo, los directores de equipos de investigación o los industriales necesitan una información elaborada según sus intereses particulares investigativos o económicos.

Estos son sólo dos ejemplos, entre una gran multiplicidad de usuarios posibles. En cualquiera de estos casos se debe incrementar la producción de indicadores que permita establecer las dinámicas de la investi-

gación y el monitoreo de la tecnología en el ámbito nacional e internacional.

LAS FINALIDADES DEL OBSERVATORIO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

El Observatorio de la C&T tiene por finalidades:

— La recolección, selección y organización sistematizada de la información sobre el estado y las dinámicas de la C&T en Colombia.
— La generación de modalidades normalizadas para recolectar la información primaria proveniente de las instituciones y de los actores nacionales del sector de la C&T. Una propuesta del Observatorio sobre formas más normalizadas de presentación y de construcción de la información debe estar precedida por un censo de las fuentes de información existentes: Colciencias, Cindec, archivos sobre personal de las universidades, encuestas de la Asociación Nacional de Industriales, ANDI, sobre comportamiento tecnológico de las empresas innovativas, etc.
— La generación de modalidades informatizadas para organizar la información básica. Se trata de concebir un sistema informatizado que permita la interrelación entre diferentes bases a partir de elementos comunes (campos descriptores, palabras claves, indicadores relacionales) y su tratamiento por medio de la utilización de un *software* con diferentes niveles de sofisticación que permitan realizar aná-

lisis más generales o más orientados a producir información elaborada a partir de temas o preguntas específicas.

— La constitución de bancos o bases de datos a partir de los que sea posible producir información elaborada. Se pueden distinguir dos tipos de bases: las bases locales con una alimentación interna, a partir de la recolección de las informaciones producidas por las instituciones: archivos de convenios, de contratos, de personal, de investigaciones realizadas y las bases internacionales con una alimentación y actualización externa, disponibles y accesibles a través de convenios, por suscripción o compra: Science Citation Index, SCI, GRADE, ACAL, Pascal y Francis del INIST, de patentes, bases de agencias o programas de cooperación científica (USAID, CIID, IDRIS, CEE). La percepción de la actividad internacional en el campo de la C&T permite realizar comparaciones y conocer las dinámicas en el campo de la tecnología, necesarias para orientar las decisiones de la industria y establecer grados de internacionalización de la ciencia colombiana.

— La construcción de indicadores:
  — Indicadores de actividad (volumen, impacto, contenido de las actividades de investigación)
  — Indicadores relacionales (vínculos e interacciones entre investigadores y contenidos científicos)
  — Indicadores de *input* o de insumo (recursos financieros, calificaciones presentes en el campo de la C&T)

— La divulgación y diseminación de los indicadores y de la información sobre ellos.
  — Publicación periódica de los indicadores producidos, acompañada de la información sobre las modalidades de su construcción.
  — Resultados de estudios solicitados a partir de necesidades o intereses específicos. Se trata de demandas de generación de información elaborada por parte de instituciones, industrias y grupos de investigación.

Los aprendizajes sobre las posibilidades de innovación, la consulta a las bases internacionales sobre las dinámicas tecnológicas puede llegar a constituirse como uno de los resultados de la vinculación inicial de actores del sector productivo.

ORGANIZACIÓN

La fluidez de las informaciones nacionales (la información internacional está disponible y es accesible, pero es insuficiente para comprender las dinámicas nacionales) está sostenida por la capacidad de atracción y de convocatoria que tenga el Observatorio, por el compromiso institucional que con él tengan las instituciones colombianas. La fuerza de su vinculación debe estar sustentada en un acuerdo entre las instituciones interesadas.

La información internacional es fragmentaria y se trata de constituir una entidad que pueda elaborar una información válida y pertinente para las necesidades nacionales. En el Observatorio se puede elaborar nacio-

nalmente la información generada nacional e internacionalmente, logro alcanzado por muy pocos países.

El compromiso activo por parte de las instituciones, la participación multilateral en la administración y en la orientación científica debe también materializarse en sus aportes en información, personal y recursos financieros.

El diseño del Observatorio debe considerar también el flujo de recursos y la participación, permanente o esporádica de investigadores, la realización de estudios y consultorías por parte de los grupos de investigación de instituciones externas al Observatorio.

Concebido como una estructura liviana, con un equipo permanente de base y con una alta circulación o participación de grupos y de investigadores que provienen de su exterior, el Observatorio puede responder a los intereses de la política nacional, institucional, de grupos de investigación o industriales, si se logra establecer las relaciones de colaboración entre los diferentes actores implicados.

HACIA LA CONSTRUCCIÓN DEL OBSERVATORIO

Se podría decir que la iniciativa de crear un Observatorio de Ciencia y Tecnología es, para Colombia, un indicador de originalidad, de maduración, de consolidación del Sistema Nacional de C&T. Si bien es un reto, tanto Colciencias como el DNP lo han asumido como una meta por realizar y poner en marcha.

Lo anterior se demuestra en el hecho de que las dos instituciones hayan organizado el Seminario "Hacia la construcción de un Observatorio de la Ciencia y la Tecnología en Colombia", a finales de 1995. En él se paseó por distintos aspectos del tema de los indicadores de C&T, base de una institución de esta naturaleza, haciéndo énfasis en enfoques conceptuales e institucionales, de innovación tecnológica y de medición, lo que ha permitido dar un primer paso en el camino que se pretende construir.

Este espacio de reflexión, en el que intervino la comunidad científica colombiana y expertos internacionales, así como las entidades mencionadas, permitió distinguir entre qué es y qué no es lo que se quiere construir. Es la unión de las necesidades de los primeros, el conocimiento de los segundos y la intención de los terceros, lo que en últimas permite dilucidar la esencia del Observatorio. Un observatorio para la comunidad científica, para los sectores de toma de decisión y

para la sociedad misma, primera y última beneficiaria de sus actividades.

Como resultado del Seminario, quedó claro que el Observatorio de C&T tiene que ser un centro de información virtual, no un grupo de investigación, ni un grupo de sociología de la ciencia, que impulse áreas y líneas de trabajo en el país.

La utilidad del Observatorio, no reside en producir políticas, ni trabajo científico directamente, sino alimentar esas acciones, con propósitos retrospectivos y prospectivos. Por su trascendencia e invaluable aporte a la sociedad, debe ser una institución, que podrá tener características similares a las de las corporaciones mixtas de derecho privado. Si bien es una responsabilidad del Estado, como ente especializado en el tratamiento a la información será una institución con características de bien público e independiente. Deberá lograr, asimismo, que sea percibido por la sociedad como tal, para su credibilidad social. Contará con socios a nivel nacional y regional, que aporten en su alimentación con información pertinente y será presidido por un Comité Científico de alto nivel que garantice la libertad intelectual y la transparencia en sus actividades.

Un observatorio debe garantizar la calidad del indicador y por lo tanto tendrá que adaptar una metodología pertinente para su construcción. En esta tarea deberá involucrarse al sistema universitario en general y a los centros de investigación de C&T a nivel nacional, con el fin de que, bajo el concepto de red, se fortalezca su continua y permanente alimentación.

Un observatorio colombiano permitirá que la información se pueda homologar internamente pero que

también tenga una validez en su comparabilidad internacional. Esto implica un cuidadoso grado de integración de los indicadores y de las metodologías por utilizar que, de no estudiar bien todas las posibilidades, podrían convertirse en un problema fundamental. Lo que el profesor Manuel Medina llama la selección de telescopios y de lentes apropiados, "ya que hablamos de observatorios".

Implica, por tanto, que a través de una construcción apropiada, el observatorio permitirá la inserción de Colombia, de una vez por todas, en esa meta que se ha trazado el país y su comunidad científica: la visibilidad internacional a través del quehacer científico y de la innovación tecnológica.

De acuerdo con el profesor Xavier Polanco, hoy en día las actividades de investigación deben fomentar un sistema de indicadores capaz de satisfacer al menos dos funciones esenciales: "Contribuir a la propia representación de este sistema de investigación mediante una representación ponderada, es decir, por indicadores cuantificables del conjunto del sistema como de sus particularidades, y apoyar la evaluación de las actividades científicas y la toma de decisiones".

Como usuaria del Observatorio, simulando ser uno de los actores presentados en el artículo de Jean Baptiste Meyer y con base en su experiencia, Nohora Narváez instó a que dicha institución centralice información sobre financiamiento y ejecución de I&D, clasificación del personal de la investigación pública y universitaria, de títulos universitarios y tesis, la producción científica colombiana en comparación con la región latinoamericana y mundial, las actividades tec-

nológicas e innovación en las empresas, la cooperación científica de Colombia, y las redes mundiales de la tecnología.

Partiendo de que C&T no son entes aislados sino que forman parte de un entramado inseparable, donde los conceptos de naturaleza y sociedad influyen notablemente, el profesor español Manuel Medina reiteró que el modelo estándar de indicadores, que es autoreferencial, simula una caja negra y está orientado hacia la competitividad económica, debe transformarse en un modelo de caja abierta, basado en el criterio de relevancia extrarreferencial, donde los indicadores de output o de resultado, tengan más sentido e importancia. En este modelo, tanto la práctica de la observación como la intervención política científica y tecnológica están ponderadas con relación a una política de desarrollo con objetivos determinados. El modelo de caja abierta, en consecuencia, es básicamente un proyecto que se construye de acuerdo con diversos objetivos, y determinadas formas posibles de configuración de los entornos sociales, culturales y naturales y por tanto mucho más pertinente para el país que lo está gestando.

La apropiación de tecnologías disponibles internacionalmente, aunque se trate de una práctica válida, tiene su riesgo. La discusión que sucitó el seminario aclaró las bondades y las dificultades de las técnicas tradicionalmente utilizadas. Los participantes concluyeron que justamente con base en la identificación de las mismas, era necesario iniciar la construcción del Observatorio con las precauciones pertinentes, haciéndo énfasis en que la articulación y organización de la información era un parámetro esencial para su inser-

ción homogénea y comparable. Lo apropiado será entonces que el Observatorio parta de bases internacionales adecuadas y se alimente localmente, con información que habrá de elaborarse y construirse a nivel nacional.

Las reflexiones planteadas en las páginas anteriores de este libro reflejan que si bien se ha trabajado arduamente en la identificación de indicadores de C&T, es necesaria una labor que explore en mayor detalle aquellos sobre la innovación tecnológica, y sus relaciones. Será un tema que tendrá que abordarse y tenerse muy en cuenta a medida que se avance en el camino de la construcción del Observatorio.

El Observatorio colombiano se constituye en un proyecto piloto de la Red Iberoamericana de Ciencia y Tecnología, RICYT, en el cual nuestro país participa activa y decididamente. Este hecho garantiza la utilización de indicadores comparables internacionalmente, y refuerza la iniciativa latinoamericana que busca la integración regional a través de la red.

Los especialistas nacionales e internacionales no dudan de la trascendencia de esta realización colombiana. Consideran que el Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología se puede constituír en un modelo a nivel latinoamericano de gran relevancia para la institucionalización de la construcción de indicadores en la región.

La cooperación internacional es fundamental para su construcción. Como producto del seminario surgió la idea de asesorarse del Observatorio de la Ciencia y la Técnica de Francia, OST, y enriquecerse con su experiencia en la construcción de indicadores y la institucio-

nalización del proyecto. Esta colaboración permitirá la puesta en marcha del Observatorio colombiano para beneficio de los sectores gubernamentales, la comunidad científica, el sector productivo y la sociedad en general.

De otro lado se presentó una serie de propuestas de colaboración por parte de la experiencia del grupo del INIST-CRNS del mismo país y que trabaja en lo que ellos han llamado la ingeniería del conocimiento, que permitirá más adelante, la creación de grupos de investigación para la representación y análisis de los datos ofrecidos por el observatorio.

Entre las posibles acciones se encuentra la publicación de un libro sobre la reflexión teórica y las realizaciones tecnológicas del Programa Tecnológico, orientado a la creación de una ingeniería del conocimiento, en colaboración con expertos nacionales y la conformación de un equipo de investigación, con el objetivo de desarrollar un trabajo común de investigación aplicada en el campo de las nuevas tecnologías de análisis cuantitativo de la información científica y tecnológica, orientado a definir indicadores, métodos y técnicas de análisis, evaluación y representación del conocimiento, a partir de las publicaciones científicas y técnicas.

En el mediano plazo, se pondrá en marcha un proyecto relativo a la plataforma lingüística-infométrica, que permita trabajar a partir del texto integral, para que dicha plataforma sea operacional en español.

Asimismo, los responsables del Observatorio colombiano tienen la posibilidad de visitar los institutos franceses dedicados a la recolección, organización, y

ofrecimiento de información científica y tecnológica, con el fin de apropiarse de conocimiento relacionado con la producción de bases de datos, gestión de fondos documentarios, sistemas de información, política para la generación de nuevos productos, políticas de calidad, y actividades de información en el campo de las tecnologías de la información.

Nunca en el país se habían presentado tan claras las condiciones para la creación del Observatorio de Ciencia y Tecnología. El contexto está dado. El entorno es favorable. El país es conciente hoy en día que un Observatorio que ofrezca herramientas para medir y comparar cifras y contenidos de la actividad científica y tecnológica, juega un papel relevante en el diseño de políticas estratégicas, que impulsen decididamente su desarrollo, con base en el conocimiento. La puesta en marcha del Observatorio es un hecho.

Este libro se terminó de imprimir
en abril de 1996
en los talleres de Tercer Mundo Editores,
División Gráfica,
Santafé de Bogotá, Colombia,
Apartado Aéreo 4817

Un científico que publica, un innovador que patenta, un agente que decide. El Observatorio de Ciencia y Tecnología en Colombia reunirá la información de la actividad científica y tecnológica del país y de su dinámica, y la pondrá a disposición de todos los niveles de decisión a nivel nacional e internacional para beneficio de la sociedad y de su desarrollo competitivo.

En esta nueva publicación de Colciencias se analizan experiencias externas, el tratamiento de bases de datos especializadas, la generación de nuevas técnicas de medición y se dan las bases para iniciar la creación del Observatorio colombiano.