
INDICADORES DE LOS SISTEMAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN.

.....

ROSA SANCHO LOZANO

Ministerio de Ciencia y Tecnología

LOS SISTEMAS DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN DE CADA PAÍS SON EXTREMADAMENTE COMPLEJOS Y, A MENUDO, MUY HETEROGÉNEOS, LO QUE DETERMINA QUE EL DESARROLLO Y LA DIFUSIÓN DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

97

sean procesos complicados y muy difíciles de cuantificar.

No existen modelos económicos convencionales para estimar el balance coste-beneficio o inversión-resultado en el proceso científico. Así como los costes o inversiones en ciencia son tangibles y se pueden cuantificar con los mismos patrones que otras actividades, es decir, en términos de recursos financieros aportados, gastos originados y recursos humanos disponibles, los resultados o beneficios de la ciencia, sin embargo, son intangibles, multidimensionales y, prácticamente, im-

posibles de cuantificar en términos económicos. Téngase en cuenta que se trata de medir la producción y el aumento del conocimiento y éste es un concepto intangible y acumulativo. Además, los resultados de la ciencia se revelan sólo indirectamente y, a menudo, con mucho retraso.

Por tanto, las actividades científicas y técnicas sólo se podrán cuantificar desde una perspectiva aproximada o estimativa sobre la base de indicadores o parámetros evaluativos, especialmente elaborados para estas actividades. Se hace necesario emplear un conjunto de ellos, ya que la apli-

cación de un solo indicador proporciona un panorama incompleto de la medición. Cada uno de estos indicadores pone de relieve una faceta del sistema de ciencia y tecnología objeto de la evaluación.

Dado que no existen valores de referencia para los indicadores de ciencia y tecnología (no se puede precisar, por ejemplo, cuál sería el número adecuado de científicos en un país, o la inversión óptima para ciencia y tecnología), la evaluación de la ciencia por medio de indicadores sólo se puede basar en comparaciones internacionales. Estos indicadores permiten, entre otras esti-

nocimiento y para diseminar o transferir el ya existente.

El gasto en I+D como porcentaje del producto interior bruto (PIB) de un país es el indicador más utilizado. Marca la «intensidad» de la I+D nacional.

Los gastos en I+D son indicadores de *input*, lo que significa que miden sólo el esfuerzo dedicado a I+D, pero no la eficacia con la que dicho esfuerzo llega a producir nuevo conocimiento. De hecho, debería esperarse que los países que gastan aproximadamente la misma proporción de dinero en I+D alcanzaran unos resultados científicos también proporcionales, pero no es así, sino que dichos resultados pueden variar sustancialmente en función de la eficacia de los respectivos sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación de cada país.

Gasto en empresas. Suponen el gasto total para la I+D realizada en el sector empresarial y señalan la importancia relativa de las actividades de I+D en la industria, así como la fortaleza de la I+D en dicho sector; es decir, la «intensidad» de la I+D llevada a cabo en las industrias de cada país. Se pueden contabilizar también las ayudas públicas para la I+D ejecutada en la industria.

Los gastos generados por la I+D en el sector empresas indican también la competencia industrial de un país, ya que se trata de cantidades empleadas en investigación dirigida y aplicada a solucionar los problemas o necesidades de las industrias, es decir, directamente conectada con objetivos económicos.

Se tienen en cuenta los gastos corrientes y de capital, y las cifras se desglosan según el tipo de actividad (**investigación básica, aplicada y desarrollo experimental**), por sectores de ejecución y por tipo de industria, según la clasificación industrial ISIC (International Standards Industrial Classification).

Gasto en enseñanza superior, Administración e IPSFL. El gasto en I+D en la enseñanza superior expresa el esfuerzo relativo empleado en la I+D ejecutada en las universidades, principalmente, respecto al del total del país. El mismo concepto, aplicado a la Administración, indica, así-



mismo, el esfuerzo en I+D de los organismos públicos de investigación, que pertenecen a la Administración, respecto al total. Las IPSFL representan una parte muy escasa en el gasto total de I+D.

El gasto dedicado a I+D se distribuye según los sectores de ejecución y financiación (enseñanza superior, Administración e IPSFL), por campos de la ciencia, según clasificación OCDE y según tipo de investigación (básica, aplicada y desarrollo experimental).

INDICADORES DE RECURSOS HUMANOS DEDICADOS A I+D

Se pueden distinguir dos conceptos en relación con los indicadores de recursos humanos; el más restringido se refiere al «personal dedicado a I+D», y el más general se ocupa de la «reserva de personal para I+D», en sentido amplio, es decir, de los recursos humanos, tanto reales como potenciales (incluye desempleados, parados, jubilados, etc.).

Personal dedicado a I+D. Expresan el **número de personas total o parcialmente dedicadas a I+D, en relación con el total de habitantes o de población activa** del país. También se puede medir el personal en equivalente a jornada completa.

Se hace la distinción entre «investigadores» (científicos o ingenieros) y «otro personal de I+D» (ayudantes, técnicos, etc.). Los datos se distribuyen por sectores en los que trabaja dicho personal (educación superior, empresas, administración e IPSFL), y, a su vez, el número de personas se desglosa por ocupación y por cualificación, según las clasificaciones ISCO, de ocupación (International Standard Classification of Occupation), e ISCED, por nivel de educación (International Standard Classification of Education), respectivamente.

En la actualidad, se está tratando de diseñar nuevos indicadores a base de desglosar los recursos humanos de I+D según edad, sexo, nacionalidad, etc.

Un nuevo indicador a considerar en este apartado es el **número de nuevos doctores** en relación con el total de población o de población activa, que expresa el porcentaje de recursos humanos altamente cualificados disponibles para I+D.

El **número de jóvenes investigadores** trabajando en universidades o centros públicos de investigación, en relación con el número total de investigadores, refleja el atractivo que ejercen las profesiones científicas entre los jóvenes.

La proporción de mujeres en el total de investigadores señala el grado de participación de la mujer en la ciencia y su discriminación por razón de género.

La proporción de investigadores de otros países refleja el atractivo internacional de los sistemas de ciencia nacionales, así como la difusión del conocimiento externo, y permite la investigación sobre «fugas de cerebros», etc.

La movilidad de los investigadores, medida por número de becas, años sabáticos concedidos, invitaciones a universidades o centros, etc., es también un indicador clave de los sistemas científicos. La desaparición de las barreras que impiden dicha movilidad es uno de los objetivos de las políticas científicas.

Efectivos de personal dedicado a I+D.

Con el tiempo se ha visto que el concepto de personal dedicado a I+D era bastante limitado, por lo que se hizo necesario un marco más amplio para analizar la cobertura de recursos humanos en términos de cualificación y de empleo habitual de dicho personal, así como de existencias de personal (*stocks*) y flujos del personal.

Se refiere a los recursos humanos dedicados, tanto real como potencialmente, a la generación, avance, difusión y aplicación de los conocimientos científicos y técnicos. Es decir, su cobertura abarca a todas las personas con cualificaciones formales ISCED, en nivel 5 o mayor (licenciado o doctor), estén o no empleadas en actividades de I+D. Por ejemplo, investigadores desempleados o trabajando en otra actividad, abarca, asimismo, a las personas empleadas, no cualificadas, que trabajen en una ocupación de I+D para la que se requieren normalmente dichas cualificaciones.

Estos indicadores de recursos humanos se presentan desglosados por cualificación, tipo de empleo y sector de ejecución (empresa, educación superior, Administración, IPSFL), así como según los flujos de entrada de dicho personal (en el sistema educativo e inmigración) y de salida (jubilación, retirada, emigración, etc.) que intervienen en el proceso. Se contabilizan también los posibles efectivos (*stocks* de personal).



Hay que advertir que no todos los países recogen datos sobre efectivos y flujos de personal. Además, la obtención de dichos datos mediante encuestas sobre personas cualificadas desempleadas o ejerciendo otra actividad distinta de la I+D no es fácil. En algunos países se emplean las bases de datos de la Seguridad Social como fuente de datos de empleo o desempleo de científicos e ingenieros, y para averiguar la movilidad de los especialistas entre sectores (fabricación, servicios, empresas, etc.).

INDICADORES DE RESULTADOS DE I+D

En las actuales economías basadas en el conocimiento, la productividad de la ciencia y la tecnología tiene un alto significado estratégico. Dado que algunos países invierten grandes sumas en actividades científicas y tecnológicas (la media de los países de la OCDE dedica a las actividades de I+D el 2% de su PIB), desde una perspectiva política es necesario conocer los beneficios que resultan de tales inversiones, es decir, se hace necesario medir el conocimiento generado.

Como se dijo en la introducción, ésta es una tarea difícil, ya que el conocimiento

es siempre acumulativo e intangible. Para medir la producción científica y tecnológica se emplean estrategias distintas de las utilizadas para elaborar los indicadores de inversiones, precisamente por su distinta naturaleza.

RESULTADOS DE LA ACTIVIDAD CIENTÍFICA. BIBLIOMETRÍA

El conocimiento científico y técnico se almacena y distribuye, tradicionalmente, a través de publicaciones (artículos de revistas, patentes, libros y otros medios de comunicación científica escrita). Por medio de la Bibliometría, es decir, mediante la observación y tratamiento matemático y estadístico de los datos bibliográficos incluidos en dichas publicaciones, se llega a comprender las características y comportamiento de la ciencia y la tecnología. Así, los indicadores basados en la Bibliometría constituyen la principal herramienta para analizar la actividad científica desarrollada en los diferentes países. Hay que señalar su carácter cuantitativo, aunque, a veces, se les concede un carácter cualitativo cuando se emplea el análisis de las citas recibidas por las publicaciones. Conviene señalar, no obstante, que el único juicio considerado internacionalmente válido en la evaluación de la calidad científica es la opinión de los expertos (*peer review*).

Para la obtención de estos indicadores no existen guías metodológicas normalizadas y los datos proceden de fuentes externas a cada país, lo contrario que sucede con los indicadores de inversiones. Estas fuentes externas son principalmente bases de datos bibliográficas comerciales, muy especialmente el *Science Citation Index* (SCI), creado en el Institute for Scientific Information, de Filadelfia, EEUU, que incluye también índices de citas y factor de impacto de las revistas.

Los principales indicadores son:

Producción y productividad científica. La producción científica de un país o región se averigua contando el número de publicaciones que dan cuenta de los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en las distintas instituciones del país. Ahora bien, este número absoluto no es muy significativo porque está influido por

el tamaño del país y por las inversiones que éste hace en ciencia y tecnología. Se corrige considerando la productividad, o relación del total de publicaciones científicas por millón de habitantes o por número de investigadores, teniendo también en cuenta las inversiones realizadas.

Especialización científica. La distribución de los trabajos publicados según los campos de la ciencia indica el perfil de la especialización científica del país. Expresa también el peso de cada área científica en un país en comparación con el peso medio de dicha área en el mundo. Se aprecian notables diferencias entre los países, que pueden ser debidas a la característica de sus respectivas políticas científicas que apoyan de manera diferente las distintas especialidades científicas, lo que se traduce en repartos desequilibrados de los presupuestos para I+D entre las diferentes áreas de la ciencia.

Impacto y visibilidad basados en citas.

El SCI registra las referencias aportadas en los artículos científicos publicados en todas sus revistas fuente. Construye así sus índices de citas, las cuales se usan como indicador del impacto de los textos citados y de la relevancia de sus autores. En este indicador influye también el tamaño del país, por lo que hay que considerar la proporción de citas en relación con el número de trabajos publicados en el total de una región o del mundo. Por otra parte, los hábitos de citación varían mucho según los campos científicos, por lo que no se deben comparar las citas recibidas en diferentes campos.

Este indicador se emplea, en general, con un enfoque cualitativo; cuanto más citado es un colectivo o una disciplina, dentro de un país, mayor calidad científica demuestra. En realidad, esto no es necesariamente así, y hay que entender que este indicador se acerca más al concepto de «visibilidad» de la ciencia que de «calidad» de la misma.

Otro indicador muy frecuentemente usado se refiere al factor de impacto (FI) de las revistas. Éste se calcula según el número de artículos publicados en un año, en relación con las citas que han recibido esos mismos artículos en los dos años siguientes a su publicación. Se utiliza como referente de calidad científica de las revistas y, por consiguiente, de los artículos



publicados en ellas, pero varía enormemente entre los distintos campos científicos, ya que en algunas áreas, como Matemáticas, el proceso de citación a los artículos se prolonga en el tiempo mucho más que en el caso de Ciencias de la Vida, por lo que el FI de las primeras será, en general, más bajo.

Dinámica y colaboración científica.

Uno de los factores más importantes para conseguir el avance científico y técnico es el flujo del conocimiento. Utilizando datos de copublicaciones, obtenidos principalmente del SCI o de otras fuentes, se construyen indicadores de colaboración científica y, por tanto, del dinamismo en los sistemas de ciencia y tecnología. Surgen así modelos de colaboración internacional entre países, regiones o sectores (colaboraciones entre diferentes instituciones, flujos entre universidad e industria, etc.).

Otros indicadores bibliométricos. Aplicando una metodología bibliométrica avanzada, se pueden identificar áreas emergentes de investigación en ciertas disciplinas y su desarrollo y transformación con el tiempo. Así, se pueden construir mapas de la ciencia basados en las relaciones semánticas de los artículos publicados a partir de los conceptos integrados en ellos, principalmente a través de palabras clave, descriptores, etc.

La interacción entre la ciencia básica y el desarrollo tecnológico se puede estudiar con ayuda de indicadores tecnológicos, como son las patentes, a través de las citas que éstas hacen a la literatura científica (citas en patentes a *non-patent references*, NPR). Los datos se obtienen principalmente de la base de datos de patentes norteamericanas (US Patent and Trademark Office).

La bibliografía sobre la obtención de indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología es amplísima. Se indican aquí algunas revisiones de interés.

Limitaciones de los indicadores bibliométricos.

Los indicadores basados en la Bibliometría tienen importantes limitaciones. La principal es que no existe ninguna base de datos que cubra completamente la producción científica total de los países. La base de datos multidisciplinar universalmente utilizada para estudios bibliométricos SCI refleja principalmente el perfil científico de EEUU. Está altamente sesgada hacia el área de las Ciencias de la Vida, donde cuenta con un 50% de las fuentes utilizadas, en detrimento de otras ciencias aplicadas, como Ingeniería, Geología, etc.

Por otra parte, es bastante escaso el número de sus revistas fuente, unas 3.6600, las cuales proceden principalmente del área anglosajona y están escritas en inglés, si bien son las más citadas (forman la llamada corriente principal de la ciencia, *mainstream*), y de ellas son recogidos todos sus artículos (*cover to cover*). Por tanto, a efectos de comparaciones internacionales, lo que realmente se puede indicar con esta base de datos es la proporción de publicaciones que cada país aporta a la «corriente principal de la ciencia», según nomenclatura del propio SCI, no la producción real de cada país.

Desde hace tiempo, algunos especialistas vienen llamando la atención sobre la necesidad de utilizar otras bases de datos complementarias al SCI, que recojan más ampliamente la literatura científica nacional o local, sobre todo de los países no angloparlantes y, especialmente, de los que están en vías de desarrollo.

Por otra parte, los indicadores bibliométricos obtenidos del SCI se refieren principalmente a la ciencia básica, que en su

mayoría se realiza en instituciones académicas, donde sus resultados se reportan en revistas, con el fin de alcanzar la máxima difusión y audiencia y conseguir el reconocimiento de otros colegas. Por tanto, por este procedimiento no se puede contabilizar la gran cantidad de información científica comunicada a través de otros canales no convencionales, tales como patentes, informes técnicos, comunicaciones orales entre científicos, congresos, etc.

Los indicadores basados en citas recibidas tienen también importantes limitaciones, ya que el hábito de citar varía mucho según las disciplinas y según el tamaño de los grupos de investigadores, por lo que no se pueden comparar disciplinas ni sectores diferentes. Además, los trabajos de gran importancia científica entran rápidamente a formar parte del cuerpo del conocimiento y son referidos en la literatura sin citar a sus autores. Por otra parte, las citas pueden ser muy negativas y críticas, sin embargo, éstas no se pueden distinguir de las positivas y se considerarán equivalentes. Hay que tener también en cuenta las auto-citas, que se contabilizan igual que si fueran de autores distintos.

INDICADORES NO BASADOS EN LA BIBLIOMETRÍA

Se discute la posibilidad de adoptar otro tipo de indicadores no bibliométricos para analizar la productividad científica, como pueden ser, entre otros, el número de *spin-off* creados (empresas que surgen espontáneamente, por iniciativa de los investigadores), para producir y comercializar algunos descubrimientos científicos generados en universidades y centros públicos de investigación). Miden la capacidad para el desarrollo de nuevas actividades económicas y empresariales de las citadas instituciones y de su personal investigador.

Otro indicador sería el uso de redes electrónicas en laboratorios de I+D, que mide la capacidad de conexión y uso de dichas redes en la investigación, para conseguir más rápidamente la difusión de conocimientos y resultados científicos.

RESULTADOS TECNOLÓGICOS

Para realizar el cómputo y evaluación de los resultados tecnológicos, hay que tener



en cuenta las distintas características de éstos respecto a los resultados científicos. En general, los resultados de la investigación tecnológica no se hacen públicos en revistas, sino que se suelen patentar o guardar como secreto industrial, por el propio interés de los sectores industriales implicados y como prevención frente a los competidores.

Patentes. Las patentes son documentos que representan invenciones técnicas que han pasado un examen en una oficina de patentes, tanto para asegurar su novedad como para precisar su utilidad potencial. Son, por tanto, una valiosa fuente de información del desarrollo tecnológico.

Los documentos de patentes son también derechos de propiedad intelectual y de explotación que concede el Estado a los inventores (empresas o particulares) durante un espacio de tiempo, normalmente de 20 años. Las condiciones legales y jurídicas referentes a la aplicación y protección de las patentes varían mucho de un país a otro, lo que hace difícil las comparaciones internacionales. A efectos de comparación entre países, los indicadores de patentes se basan en el número de patentes solicitadas, aunque posteriormente puedan no ser concedidas, mejor que en el número de patentes concedidas, debido al desfase entre la fecha de solicitud y de

concesión, que puede llegar a ser de hasta 10 años en algunos países.

Las estadísticas sobre patentes se empezaron a recoger por razones administrativas, y en algunos países se remontan al siglo XIX. Cubren, por tanto, un número de años muy superior a las estadísticas de I+D, que no tienen más de 40 años.

Las fuentes más utilizadas para conseguir los datos son las oficinas nacionales de patentes. Otros datos básicos provienen del WIPO (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, en Ginebra), que publica estadísticas de patentes desde 1979, y la Oficina Europea de Patentes (EPO), desde 1978. Las patentes de EEUU (US Patent and Trademark Office) son especialmente interesantes para analizar las citas de las patentes a otras patentes o a literatura científica.

Los indicadores más empleados son:

Índice de dependencia tecnológica: número de patentes de inventores no residentes en el país, en relación con el número de patentes de residentes.

Índice de difusión tecnológica: número de patentes de inventores del país, solicitadas en el extranjero, en relación con el número de patentes de residentes.

Índice de autosuficiencia tecnológica: número patentes de residentes, en relación con el número de patentes nacionales.

Especialización tecnológica. La distribución de las patentes según la clasificación de las mismas refleja la importancia relativa de los diferentes sectores tecnológicos en los distintos países y la propensión a patentar de las diferentes industrias.

Dada la dificultad para la comparación internacional debido a las distintas legislaciones que rigen en cada país, sobre todo para las fechas de invención, presentación y concesión, la OCDE propone mejorar la comparación internacional de estos indicadores contabilizando solamente las «familias de patentes», que son el conjunto de patentes, de alto valor tecnológico, aplicadas en varios países para proteger una misma invención. Se propone también tener en cuenta sólo la «fecha de prioridad» en todo el mundo (la primera fecha para la protección hecha en cualquier país).

Eurostat trabaja en colaboración con la EPO para hacer compatibles la clasificación de patentes y la actual clasificación industrial, ISIC (International Standard Industrial Classification), lo que facilitaría sustancialmente la evaluación de la innovación industrial basada en patentes, ya que en la actualidad ambas clasificaciones difieren mucho.

El valor de las patentes como indicadores de actividad inventiva, innovadora y del progreso tecnológico se ve reflejado cumplidamente en la literatura.

Balanza de pagos tecnológicos (BPT).

La BPT registra el flujo financiero de un país debido a las transacciones comerciales internacionales de sus empresas, relacionadas con la transferencia de tecnología. Comprende compra y venta de tecnología «no incorporada», en la forma de derechos de propiedad industrial, incluyendo los derechos al uso de las patentes, licencias, diseños, *know-how*, así como asistencia técnica y servicios técnicos en ingeniería, agricultura, etc., y de asesoría informática, entre otros.

La BPT, por tanto, refleja la capacidad de los países para vender su tecnología en el extranjero, así como la utilización en dichos países de tecnologías extranjeras.



Antes de 1990, los datos de la BPT se recopilaban en los países miembros a través de los bancos nacionales y de las autoridades encargadas del control de cambios. Con la liberación de los mercados, los bancos nacionales han perdido el control de las transacciones monetarias en la compra de tecnología, motivo por el que desde entonces los datos de la BPT se obtienen de encuestas especiales.

La comparabilidad internacional de los datos es débil. En algunos países se incluyen en la BPT servicios de consultorías, formación de personal, etc. En otros, se incluyen pagos por derechos de la propiedad intelectual no relacionados directamente con tecnología (derechos de películas, p.e.).

Por otra parte, los indicadores de BPT ofrecen una visión parcial del fenómeno general de transferencia de tecnología, ya que contemplan sólo la difusión internacional de ésta.

Innovación tecnológica. El antiguo concepto del proceso lineal de innovación tecnológica ha cambiado radicalmente a un modelo interactivo o de conexión en cadena, según el cual, **la actividad de innovación es el resultado de un complejo proceso de fuertes interacciones continuas y repetidas entre diferentes elementos hete-**

rogéneos e interdependientes, tales como, investigación y desarrollo, ingeniería, estudio de mercados y de usuarios, diseño de productos y procesos, canales de distribución, proveedores de equipos y materias primas, ventas, etc. En definitiva, se trata de un proceso que mantiene poderosos enlaces entre la ciencia, la tecnología, los consumidores y el mercado.

El disponer de información sobre la evaluación de los procesos de innovación se ha hecho imprescindible para conseguir una política tecnológica eficaz. Sin embargo, la medida de la actividad de innovación en la industria no es una tarea fácil. Como se ha dicho, se trata de un proceso complejo, dado su carácter multidisciplinar. El término innovación es en sí mismo ambiguo, designa tanto un proceso como su resultado. Además, el concepto de innovación tiene dimensiones muy diferentes: se puede considerar innovación tanto un avance radical, como puede ser el descubrimiento de una nueva vacuna, como el diseño de un nuevo tipo de embalaje, o el acceso electrónico a un banco («banco a distancia»), o también la mejora en la puesta en el mercado de un determinado producto.

En los países en desarrollo, la mayor parte de la actividad innovadora se centra en innovaciones menores, como son la modifi-

cación o mejora de las tecnologías existentes, lo que, sin embargo, en algunos casos puede conducir a importantes aumentos en la productividad y beneficio de la empresa.

Los indicadores comúnmente utilizados para evaluar las actividades de innovación son los datos de ventas o exportaciones de nuevos productos o de productos sustancialmente mejorados, que miden directamente el impacto económico de la actividad de innovación. Estos indicadores son imprecisos, debido a la ambigüedad en el concepto de «novedad», y, además, ignoran la innovación de procesos que, en algunos casos, como en la industria química, puede ser tan importante o más que la innovación de productos.

Actualmente, se tiende a desarrollar indicadores de innovación más directos; por ejemplo, los basados en el anuncio de nuevos productos en las revistas técnicas, de ingeniería o comerciales (indicador de resultados de innovación basado en literatura: «Literature-based innovation output indicator», LBIO). Consiste en el análisis de la información acerca de innovaciones y nuevos productos contenida en revistas o boletines técnicos que incluyen secciones técnicas y comerciales donde se dan a conocer los nuevos productos o servicios. Las listas de algunas de dichas revistas se ofrecen en la bibliografía recogida.

Estos indicadores tienen el inconveniente de que, generalmente, sólo miden las innovaciones de productos que han sido comercializadas y publicadas, e ignoran las mejoras incrementadas. Además, dependen de la selección más o menos adecuada que de ellos hacen las revistas, y están sujetos a posibles manipulaciones de *marketing*. Por tanto, las innovaciones de procesos, que aumentan la productividad de las empresas, no aparecen publicadas porque, en general, se suelen mantener en secreto.

Recientemente, la OCDE aconseja aplicar indicadores de innovación también a los cambios de organización y gestión de la empresa, siempre que éstos conlleven beneficios económicos. De la misma manera se ha expresado la necesidad de un mejor tratamiento de indicadores de innovación en el sector industrial de los servicios.



Productos de alta tecnología. Para analizar el impacto de las tecnologías nuevas o emergentes en los resultados industriales, es importante determinar las actividades y productos fabricados que son considerados de alta tecnología. No existe una definición precisa del concepto «alta tecnología», sino listados de ramas y productos que son considerados como tales.

Las industrias de fabricación se clasifican como de «alta», «medio-alta», «medio-baja» y «baja» tecnología. Hay que destacar que esta definición es cambiante con el tiempo, ya que la alta tecnología de hoy, será tecnología tradicional en el futuro. Por otra parte, no todos los productos en una industria de alta tecnología tienen necesariamente alto contenido tecnológico.

Estos indicadores miden el contenido tecnológico de los bienes producidos y exportados a mercados de alta tecnología en determinadas industrias y países, y dan idea de la competitividad e internacionalización de la economía.

No existen directrices internacionales para la obtención de estos indicadores, pero la OCDE ha publicado una clasificación y metodología al respecto.

Indicadores de la sociedad de la información. Miden la demanda y oferta de la

infraestructura necesaria para dar apoyo a las tecnologías de la información y las comunicaciones, así como de los servicios relacionados y sus aplicaciones, en particular, del comercio electrónico.

DIRECTRICES INTERNACIONALES SOBRE DATOS ESTADÍSTICOS EN INDICADORES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

A continuación se tratan brevemente las principales organizaciones internacionales que se encargan de trazar las directrices a seguir por sus respectivos países miembros para obtener los datos estadísticos y diseñar indicadores de I+D, con métodos normalizados y armonizados que permitan la comparación internacional.

OCDE

La OCDE, formada por 25 países, es el líder mundial en el desarrollo de manuales que ofrecen directrices tendentes a homogeneizar, a nivel internacional, los procedimientos para la selección y recogida de datos estadísticos de ciencia y tecnología y los subsiguientes indicadores.

En 1963 se celebró en Frascati, cerca de Roma, la primera reunión de expertos en estadísticas de I+D de los países miembros de la OCDE. El motivo fue analizar los diversos métodos empleados para realizar las encuestas sobre recursos y gastos en I+D y los problemas técnicos que se presentaban en el tratamiento de los datos. Se demostró la falta de normalización en los métodos empleados en cada país, lo que conducía a que los indicadores resultantes no fueran comparables. Para paliar esta deficiencia, se llegó a un consenso entre los países miembros y se redactó el documento: propuesta de metodología normalizada para las encuestas sobre investigación y desarrollo experimental, que se denominó **Manual de Frascati**.

Dicho manual se ha convertido, de hecho, en la única guía internacional que

existe sobre la normalización de la toma de datos estadísticos para la medida de inversiones en I+D. Aporta las definiciones básicas de los conceptos empleados en la actividades de I+D, así como la distinción entre I+D y otras actividades conexas, y determina las directrices sobre las normas y métodos para diseñar las encuestas que recogen los datos estadísticos. Siguiendo estas directrices, los gastos y el personal dedicado a actividades de I+D se reflejan de la misma manera en cada país.

Hasta la fecha, ha tenido cinco ediciones, la sexta y última será publicada, previsiblemente, a finales de 2002. En cada una de ellas se fueron introduciendo nuevos conceptos y mejorando las definiciones de los mismos, se propiciaron desgloses más detallados, se introdujeron nuevas clasificaciones funcionales, etc. Tras las sucesivas ediciones, se iba produciendo una apreciable mejora en las técnicas de encuesta, con lo que aumentaron la precisión y comparabilidad de los datos.

A partir del Manual de Frascati, la OCDE ha editado otros, conocidos como de la Familia Frascati, sobre la recopilación e interpretación de datos estadísticos relativos a actividades científicas, tecnológicas o de innovación, los cuales se van revisando y ampliando periódicamente.

En 1982 se inició el examen de los datos relativos a la BPT de los Estados miembros de la OCDE y, tras una serie de reuniones, se adoptó un método normalizado para recoger e interpretar datos sobre BPT con el objetivo de unificar criterios para la obtención de indicadores que evaluaran las transacciones comerciales de tecnología. Esto dio lugar al Manual de BPT.

En 1992, se publicó el Manual de Oslo, que proporciona las directrices sobre definiciones y metodología para diseñar las encuestas que recojan e interpreten los datos sobre fuentes de ideas innovadoras, inversiones e impacto de la innovación, así como los obstáculos para la misma. Este manual ha sido revisado, para incluir, como objetivo en las encuestas de innovación, explícitamente las industrias de servicios, y no sólo las de fabricación. Y esto es así, porque en la mayoría de los países de la OCDE los dos tercios de la produc-



ción y el 70% del empleo se concentran en el sector de servicios, donde la innovación no se relaciona directamente con la I+D, sino que depende más de la tecnología adquirida, de la calidad de los recursos humanos y de la organización de la empresa.

La metodología recogida en el Manual de Oslo ha sido adoptada por la Comisión Europea, tanto en la DG-XIII, en su proyecto «European Innovation Monitoring System», como en Eurostat, y se ha llevado a cabo en todos los países europeos usando un cuestionario común para diseñar las encuestas, según el proyecto CIS (Community Innovation Survey). En 1991, se utilizó el CIS I, y desde 1997 se ha utilizado el CIS II, con contenidos más depurados y teniendo en cuenta los diferentes sectores de la economía (industrias de fabricación, servicios, agricultura, construcción, etc.). Actualmente se emplea el cuestionario CIS III.

Otros países no europeos recogen también los datos de innovación de acuerdo con la metodología del Manual de Oslo. Así, por ejemplo, los países de América Latina, a través de la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), han adaptado dicho Manual a las particulares características de sus industrias, creando así el Manual de Bogotá,

de normas y definiciones para la medición de la actividad innovadora en Iberoamérica.

En 1994, la OCDE, publicó la primera versión del Manual de Patentes, sobre la utilización de los datos de patentes como indicadores de la actividad tecnológica, en el que se aportan las directrices para utilizar los datos incluidos en las bases de datos de patentes suministrados por las respectivas oficinas de patentes de cada país.

El Manual de Canberra se editó en 1995, y se refiere a la medición de recursos humanos en ciencia y tecnología. Contempla los efectivos de personal, tanto real como potencial, dedicados a I+D, así como los *stocks* y flujos de personal.

En la actualidad, los manuales sobre patentes e innovación están siendo revisados, y se estudia la posibilidad de creación de nuevos manuales sobre productos e industrias de alta tecnología y biotecnología.

La antigua idea de crear un manual sobre Bibliometría ha sido abandonada, al encontrar una fuerte oposición en algunos países, debido, fundamentalmente, a los problemas de la fuente utilizada universalmente para obtener los datos de publica-

ciones e impacto (SCI), la cual, por sus importantes limitaciones, no puede ser considerada apta para asegurar una adecuada comparación internacional, sobre todo para países no anglosajones y periféricos, como ya se ha resaltado en el epígrafe dedicado a Bibliometría. Sin embargo, la OCDE ha desarrollado unas instrucciones para el uso de la Bibliometría como indicador de ciencia y tecnología, que cubre tanto literatura científica como patentes.

COMISIÓN EUROPEA: EUROSTAT

La Oficina de Estadística Eurostat, perteneciente a la DG-XIII de la UE, ha tomado parte muy activa en el trabajo metodológico y diseño de las encuestas de innovación (CIS), empleadas actualmente en todos los países de la OCDE.

Por otra parte, recomienda a sus países miembros la presentación de los datos de indicadores de I+D, distribuidos por regiones (en España, por Comunidades Autónomas), y los de financiación pública, desglosados según objetivos socioeconómicos, conforme a la nomenclatura NABS (Nomenclatura para el Análisis y Comparación de Presupuestos Científicos).

En el año 2000, la Comisión Europea encargó, a un grupo especializado, un ejercicio de evaluación comparativa (*benchmarking*) de las políticas científicas llevadas a cabo en sus quince países miembros, utilizando veinte indicadores de ciencia y tecnología procedentes tanto de las fuentes de cada país, como de la propia Eurostat. Esta iniciativa tiene como objetivo apoyar el intento europeo de crear el llamado «Espacio Europeo de Investigación», y detectar grupos de investigación de excelencia.

Hay que mencionar especialmente la importancia que están teniendo los indicadores de género en I+D. La Comisión Europea, decididamente interesada en conseguir la igualdad entre hombres y mujeres en investigación científica, ha organizado el llamado «Grupo Helsinki de Mujeres y Ciencia», dedicado a establecer una red europea de mujeres que participen en actividades científicas, para promocionar la igualdad de sexos. El informe, con los datos estadísticos e indicadores de



treinta países sobre la participación de la mujer en carreras científicas e I+D, ha sido publicado recientemente.

INSTITUCIONES ENCARGADAS DE LAS ESTADÍSTICAS NACIONALES

Los datos estadísticos nacionales de ciencia y tecnología se recopilan normalmente mediante encuestas diseñadas en las respectivas oficinas estadísticas (en España, en el Instituto Nacional de Estadística, INE), de acuerdo con las normas y metodología propuestas por la OCDE y Eurostat. Dichas encuestas, de obligado cumplimiento, según las leyes de cada país, se envían de forma regular a las respectivas instituciones públicas o privadas ejecutoras de I+D, para ser cumplimentadas. Así se consiguen series temporales y tendencias. Estas series se pueden considerar razonablemente comparables desde 1970.

Como se ha indicado, no todos los datos de ciencia y tecnología se recogen a través de encuestas, sino que se obtienen de otras fuentes pensadas originariamente para otros propósitos administrativos, como son los datos de los presupuestos generales del Estado, los de patentes y los de balanza de pagos tecnológicos. Para la ob-

tención de dichos datos intervienen, normalmente, distintos organismos de la Administración.

COMPENDIOS DE INDICADORES DE I+D

La mayoría de los países que disponen de un sistema de ciencia consolidado publican anualmente series temporales de los indicadores de ciencia y tecnología más representativos. En España, el Instituto Nacional de Estadística (INE) publica cada dos años el compendio: estadísticas sobre las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico. I+D, fruto del tratamiento de los datos obtenidos de dichas encuestas. De la misma manera, en años alternativos, publica la encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas, como resultado de las encuestas enviadas a las empresas innovadoras. Por otra parte, el Ministerio de Ciencia y Tecnología publica anualmente (desde 1998) una recopilación de series temporales de los indicadores básicos de I+D: indicadores del sistema español de ciencia y tecnología.

La OCDE elabora y publica repertorios y bases de datos de series temporales de indicadores de ciencia y tecnología, donde se recogen los datos de inversiones, personal y gastos en I+D, suministrados por todos sus países miembros; los más importantes son: Main Science and Technology Indicators, que se publica dos veces al año, y Basic Science and Technology Statistics, que se edita cada dos años.

Eurostat publica estadísticas anuales de I+D en los quince estados miembros de la UE, «Research and Development Annual Statistics». Dichos informes anuales proporcionan series cronológicas de datos sobre financiación pública de I+D distribuida por objetivos socioeconómicos, personal de I+D, gastos en I+D y patentes concedidas, en todos los Estados miembros de la UE. Reúne también estadísticas de innovación.

Asimismo, algunas organizaciones internacionales publican también datos estadísticos de ciencia y tecnología. En EEUU, la Natio-

nal Science Foundation, publica «Science and Engineering Indicators». El Observatorio de la Ciencia y la Técnica (OST), de Francia, Science&Technologie Indicateurs. UNESCO, Manual for Statistics on Scientific and Technological Activities. Recientemente, la Red de Indicadores Iberoamericanos de Ciencia y Tecnología (RICYT), edita, Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos, con datos de todos los países de América Latina. Este repertorio de indicadores aporta la novedad mundial de que es el único compendio que ofrece indicadores de producción científica recogidos de una serie de prestigiosas bases de datos internacionales de temas científicos específicos, además del SCI. De esta manera se pretende alcanzar una mejor comparación entre los países iberoamericanos, por medio de indicadores de producción científica.

Por otra parte, la Comisión Europea ha publicado la segunda edición de los indicadores europeos de C y T (Second European Report on S&T Indicators), obra muy interesante y de gran complejidad, tanto por la enorme profusión de datos aportados como por los exhaustivos análisis comparativos que hace de ellos, tanto entre los países europeos como entre éstos y el resto del mundo.

•••••

DESARROLLO FUTURO

En la actualidad, la ciencia y la tecnología se analizan con mucha más amplitud y precisión que en el pasado. En este momento, a los políticos, de la ciencia les interesa la relación de la ciencia y la tecnología con el empleo, el crecimiento económico, el medio ambiente, etc. Se demanda, por tanto, una nueva generación de indicadores que pongan de relieve dichas relaciones, lo que supone contemplar nuevas fuentes de datos y nuevas metodologías a seguir para la obtención de los indicadores adecuados.

Originariamente, la investigación científica se aplicaba a las ciencias naturales, y el desarrollo tecnológico, a la industria de fabricación, pero actualmente la I+D se extiende también al área de servicios, lo que supone tener en cuenta, entre



otras, las industrias de *software* y las ciencias sociales. Asimismo, la medición de la innovación en el sector industrial de los servicios, a veces de naturaleza no técnica, es imprescindible a la vista del desarrollo económico de dicho sector y al fundamental papel que desempeñan en la innovación tecnológica las industrias de servicios. Sin embargo, las estadísticas disponibles para las nuevas áreas de I+D en los servicios no están todavía muy desarrolladas y es necesario mejorarlas.

Como ejemplo de nuevos indicadores de ciencia y tecnología, se podrían citar los indicadores de tecnologías emergentes, de gran influencia en la economía, como las tecnologías de la información y las comunicaciones, la nanotecnología, los indicadores de la sociedad de la información, etc.

Se puede citar también la iniciativa, promovida por la OCDE, en 1999, para la creación de indicadores de Biotecnología. La industria biotecnológica es muy potente en la mayoría de los países, pero sus datos sobre gasto en I+D, patentes obtenidas, campos de actividad, nuevos productos, etc., no se pueden comparar internacionalmente, por no existir en la actualidad encuestas normalizadas específicas para esta disciplina.

De la misma manera, se está iniciando un estudio piloto sobre la posibilidad de mejorar la recogida de datos estadísticos de la I+D en la salud humana que incluya también ensayos clínicos. Es clara la necesidad de disponer de datos sobre I+D en este campo, por su alta relevancia política.

En conclusión, los indicadores de ciencia y tecnología están en un período de rápida evolución. En los próximos años, los esfuerzos de estadísticos, investigadores, políticos y científicos tendrán que concentrarse en las nuevas dificultades conceptuales y metodológicas emergentes, así como en mejorar los sistemas de recopilación de datos y normalización de los mismos.

•••••

BIBLIOGRAFÍA

ARCHIBUGI, D.: «Patenting as an indicator of technological innovation: a review», *Science and Public Policy*, vol. 19, n.º 6, pp. 357-368, 1992.

ARCHIBUGI, D. y PIANTA, M.: «Innovation surveys and patents as technological indicators: the state of art, in: OECD», *Innovation, Patents and Technological Strategies*, OECD, París, 1996.

ARUNACHALAM, S. y GARG, K. C.: «Science in the periphery. A scientometric analysis of science in ASEAN countries», *Journal of In-*

formation Sciences: Principles and Practices, vol. 12, n.º 3, pp. 105-118, 1986.

BASBERG, B. L.: «Patents and the measurement of technological change: a survey of the literature», *Research Policy*, vol. 16, n.º 2-4, pp. 131-141, 1987.

BRAUN, T.; GLÄNZEL, W. y GRUPP, H.: «The scientometric weight of 50 nations in 27 science areas. 1989-1993. Part I. All fields combined, Mathematics, Engineering, Chemistry and Physics», *Scientometrics*, vol. 33, pp. 263-293, 1995. Part II. Life Sciences. *Scientometrics*, vol. 34, pp. 207-237, 1995.

COOMBS, R.; NARANDREN, P. y RICHARDS, A.: «A literature-based innovation output indicators», *Research Policy*, n.º 25, pp. 403-413, 1991.

EUR 17639. ISBN 92-828-0271-X. Annexes. EUR 17639. ISBN 92-828-2754-2.8 EUROPEAN COMMISSION: *Towards a European Research Area. Key Figures 2001. Indicators for benchmarking of national research policies*, (2001) Luxembourg: Office for Publications of the European Communities, ISBN 92-894-1183-x.

EUROPEAN COMMISSION: Directorate General for Research/ RTD-D5. The Helsinki Group on Women and Science. *National Policies on Women in Science in Europe*, ISBN: 92-894-3579-8, 2002.

EUROPEAN COMMISSION: *Second European Report on S&T Indicators. Report (1997)*.

EUROSTAT: *Research and Development. Annual Statistics*, anual, Luxembourg.

EVANGELISTA, R. y SIRILLI, G.: «Innovation in the service sector», *Research Evaluation*, vol. 5, n.º 3, 1995.

FREEMAN, C. (ed.) (1987): *Output measurements in Science and Technology*, North Holland, Amsterdam.

GAILLARD, J.: «¿Es visible la ciencia en el tercer Mundo?», *Mundo Científico*, vol. 9, n.º 93, pp. 764-768, 1989.

GARFIELD, E. y WELLJAMS-DOROF, A.: «Citation data: their use as quantitative indicators for science and technology evaluation and policy-making», *Science and Public Policy*, vol. 19, pp. 321-327, 1992.

GLÄNZEL, W.: «The needs for standards in bibliometric research and technology», *Scientometrics*, vol. 35, pp. 167-176, 1992.

GÓMEZ CARIDAD, I. y BORDONS GANGAS, M.: «Limitaciones en el uso de los indicadores bibliométricos para la evaluación científica», *Política Científica*, vol. 46, pp. 21-26, 1996.

GRILICHES, Z.: «Patent statistics as economic indicators: a survey», *Journal of Economic Literature*, vol. 28, n.º 4, pp. 1661-1797, 1990.

Indicadores del Sistema Español de Ciencia y Tecnología, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, anual.

INE: *Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas*, desde 1996, bienal, Madrid.



INE: *Estadística sobre las actividades de Investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D)*, Madrid. Anual (a partir de 1996, bienal).

KLEINKNECHT, A.: «Towards literature-based innovation indicators», *SEO Foundation for Economic Research*, University of Amsterdam, 1991.

KLINE, S. J., y ROSENBERG, N.: «An overview of innovation», en LANDAN, R. y ROSENBERG, N. (ed.): *The Positive Sum Strategy*, 1986, Harnessing Technology for Economic Growth. Washington, D.C. National Academic Press, pp. 275-306.

MASFIELD, E.: «Academic Research and Industrial Innovation», *Research Policy*, vol. 20, n.º 1, pp. 1-2, 1991.

MORAVSICK, M. J.: «Applied scientometrics. An assessment methodology for developing countries», *Scientometrics*, vol. 7, n.º 3-6, pp. 165-176, 1985.

NARIN, F. y OLIVASTRO, D.: «Status report: linkage between technology and science», *Research Policy*, vol. 21, pp. 237-249, 1992.

NARIN, F.; HAMILTON, K. S. y OLIVASTRO, D.: «The increasing linkage between US technology and public science», *Research Policy*, vol. 26, pp. 317-330, 1997.

National Science Foundation, *Report. Science and Engineering Indicators 2000*, National ScienceBoard. Arlington, VA; Washington, D.C. (NSB-00-1), annual.

OECD: *Revision of the High-technology Sector and Product Classification*, STI Working Paper, 1997/2, París.

OECD: *The Measurement of Scientific and Technological Activities. Proposed Standard Practice for surveys of Research and Experimental Development. Frascati Manual*

1993», OECD, ISBN 92-64-14202-9, 261 pp. París.

OECD, *The Measurement of Scientific and technical Activities. Manual on the Measurement of Human Resources Devoted to S&T*, «Canberra Manual», OECD, OCDE/GD(95)77, París, 1995.

OECD: *The Measurement of Scientific and Technological Activities. Proposed Standard Method of compiling and Interpreting Technology Balance of Payments Data- «BTP Manual»*, OECD, París, 1990.

OECD: *OECD Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. «Oslo Manual»*, OECD, ISBN 92-64-15464-7, 124 pp., París, 1992.

OCDE: *Proposed Standard practice for survey of R&D. The Measurement of Scientific and Technological Activities. Using Patent Data as Science and Technological Indicators. «Patent Manual»*, OECD/GD (94), 114, París, 1994.

OECD: *Main Science and Technology Indicators*, n.º 1, 2, París, Semestral.

OECD: *Basic Science and Technology Statistics*, París, bienal.

OKUBO, Y.: *Understanding Bibliometrics: Draft Manual on the use of Bibliometrics as Science and Technological Indicators*, OCDE, París, 26 abril, 1995.

OKUBO, Y.: *Bibliometric Indicators and analysis of Research Systems: Methods and Examples. OECD, STI Working Papers*, OCDE/GD(97)41, 1997/1.

OST: *Science & Technologie Indicateurs. Report de l'Observatoire des Sciences et des Techniques*, París, anual.

RICYT: «*Manual de Bogotá. Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe*», RICYT/OEA/CYTED, 2001.

RICYT: *Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos /Interamericanos*. 2000, Buenos Aires, Argentina, anual.

SANCHO, R.: «Medición de recursos humanos en ciencia y tecnología en los países de la OCDE», *Política Científica*, vol. 40, julio, pp. 59-61, 1994.

SANCHO, R.: «Misjudgements and shortcomings in the measurement of scientific activities in less developed countries», *Scientometrics*, vol. 23, n.º 1, pp. 221-233, 1992.

SANCHO, R.: «Manual de Frascati para la medición de las actividades científicas y técnicas», *Política Científica*, vol. 45, marzo, pp. 21-26, 1996.

SANCHO, R.: «Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica», *Revista Española de Documentación Científica*, vol. 13, n.º 3-4, pp. 842-865, 1990.

SANTARELLI, E., PIERGIOVANNI, R.: «Analyzing literature-based innovation output indi-

- cators. The Italian experience», *Research Policy*, n.º 25, pp. 689-711, 1996.
- SCHUBERT, A.; GLÄNZEL, W. y BRAUN, T.: «Scientometric datafiles. A comprehensive set of indicators on 2649 journals and 96 countries in all major science fields and sub-fields. 1981-1985», *Scientometrics*, vol. 16, n.º 1-6, pp. 3-478, 1989.
- SIRILLI, G. y KUHLMANN, S. (2001): *The use of science and technology indicators in RTD evaluation. 2001*. STRATA-EPUB Project. Socio-Economic Evaluation of Public RTD Policies, Draft, marzo.
- SMITH, K. (1996): «New views of innovation and challenges to R&D policy», in Hassard, J. y Proctor, s. (eds.), *R&D Decisions: Policy, Strategies and Disclosure*, Routledge, Londres.
- STENBERG, L.; GUSTAFSSON, E. y MARKLIND, G.: «Use of human resource data for analysis of the structure and dynamics of the Swedish innovation system. Conference on New S&T Indicators for Knowledge-based Economy», OECD, 20-21 junio, París, 1996.
- VAN RAAN, A. F. J.: «Advanced bibliometric methods to assess research performance and scientific development: basic principles and recent practical applications», *Research Evaluation*, vol. 3, n.º 3, pp. 151-166, 1993.
- TIJSEN, R. J. W.: «Global and domestic utilization of industrial relevant science patent citation analysis of science-technology interactions and knowledge flows», *Research Policy*, vol. 30, pp. 35-54, 2001.
- UNESCO: *Manual for Statistics on Scientific and Technological Activities* (ST-79/WS/10), junio, París, 1979.
- YOUNG, A.: «Revision of the Oslo Manual», *International conference on Innovation Measurement and Policies*, European Commission, Luxembourg, 20-21 mayo, 1996.