

MEDICIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. ESTADÍSTICAS E INDICADORES EMPLEADOS

Rosa Sancho*

Resumen: Se presenta una relación de los procesos seguidos para obtener los datos estadísticos relativos a las actividades de ciencia y tecnología, y la subsiguiente producción de indicadores. Se indican las organizaciones internacionales encargadas de marcar las directrices a seguir en todos los países para conseguir la comparación internacional de dichos indicadores. Se analizan los principales indicadores utilizados en política científica, como son: de inversiones en I+D (recursos económicos y humanos dedicados a I+D), de resultados (producción científica, citas, patentes y balanza de pagos tecnológicos). Se tratan también los indicadores de innovación tecnológica. Se aportan algunos datos comparativos de indicadores de I+D de algunos países.

Palabras clave: estadísticas de C y T, estadísticas de I+D, indicadores de I+D; directrices para estadísticas de I+D, indicadores de inversiones en I+D, indicadores de resultados de I+D, indicadores de innovación.

Abstracts: This paper deals with the state of the art of science and technology statistics and indicators and the processes to obtain them. Some of the international organisations in charge to specify guidelines to reach international comparison, are presented. The main indicators used in science policy are presented: input indicators, those are, R&D investment (government budget, expenditure, and human resources on R&D); output indicators, R&D results (scientific production, citation analysis, patents, technology balance of payments). Indicators related to technological innovation are also considered. Comparative data on R&D indicators for some countries are presented.

Keywords: S&T statistics, R&D indicators, S&T statistic guidelines, R&D input indicators, R&D output indicators, innovation indicators.

1 Introducción

El desarrollo de la ciencia, la tecnología y la innovación así como sus interacciones, se consideran factores determinantes tanto para asegurar el crecimiento económico y el bienestar social, como para la creación de empleo y el aumento de la competitividad internacional.

Sin embargo, dicho desarrollo y difusión de la ciencia y la tecnología es un proceso extremadamente complejo, dinámico y heterogéneo, debido, precisamente, a la multiplicidad e intensidad de relaciones y vínculos entre todos los componentes de los Sistemas de Ciencia, Tecnología e Innovación (1).

* CINDOC (CSIC). Correo-e: rosa.sancho@myct.es

Recibido: 6-6-01; 2.ª versión: 8-9-01.

El proceso científico se puede considerar como un balance coste-beneficio, o inversión-resultado («input-output»), según los modelos económicos. Los costes o inversiones en ciencia son tangibles y se miden con los mismos patrones que otras actividades, es decir, en términos de recursos financieros aportados, gastos originados y recursos humanos disponibles. Por el contrario, los resultados o beneficios de la ciencia son intangibles, multidimensionales, y prácticamente imposibles de cuantificar en términos económicos. Téngase en cuenta que lo que se trata de medir es la producción y el aumento del conocimiento y éste es un concepto intangible y acumulativo. Además, estos beneficios de la ciencia se revelan sólo indirectamente y, a menudo, con mucho retraso, por lo que el coste-beneficio de la ciencia no se puede estimar según modelos convencionales.

Cualquier proyecto de medición, análisis o evaluación de la actividad científica o técnica requiere necesariamente un trabajo estadístico previo de toma de datos básicos y posterior análisis de los mismos, para llegar a construir los necesarios indicadores de dicha actividad.

Se ha requerido un gran esfuerzo en todo el mundo hasta disponer de estadísticas e indicadores válidos y comparables internacionalmente acerca de los aspectos cuantificables de los Sistemas de Ciencia y Tecnología, en cada país.

2 Estadísticas de I+D

Desde el punto de vista estadístico, la C y T han sido consideradas durante muchos años áreas muy específicas y aisladas, cuyas estadísticas, en caso de realizarse, eran utilizadas por grupos muy especializados de economistas. En 1930, se realizaron en la Unión Soviética los primeros intentos de medición de la investigación y el desarrollo experimental (I+D), aplicando datos estadísticos, y en 1940 se iniciaron en los Estados Unidos. Sin embargo, no fue hasta 1950 cuando la National Science Foundation (NSF), de EE.UU., decidió enviar periódicamente a las empresas norteamericanas una encuesta para recabar datos estadísticos de la I+D que se realizaba en ellas.

A partir de los años 50, la mayoría de los países con economías de libre mercado, estimulados por el rápido crecimiento de los recursos nacionales dedicados a I+D, comenzaron a recoger datos sobre estas materias por medio de encuestas estadísticas. Sin embargo, al analizar dichas encuestas se encontraron grandes diferencias, tanto en los conceptos como en los métodos empleados por los distintos países, lo que hizo imposibles las comparaciones internacionales. Se hacía necesario, por tanto, normalizar los métodos empleados en las encuestas, como ya se había hecho con las estadísticas económicas o sociales, lo que exigía utilizar conceptos armonizados internacionalmente.

Algunas instituciones internacionales se ocupan desde entonces de esta tarea. A continuación se describen brevemente las más importantes de Europa: OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, formada por 25 países); y EUROSTAT (Oficina de Estadística de las Comunidades Europeas, formada por 15 países).

2.1 OCDE

La experiencia adquirida por la NSF ejerció gran influencia en la OCDE, la cual, en 1963, decidió analizar los diversos métodos empleados para las encuestas sobre

gastos de investigación y desarrollo experimental y los problemas técnicos que se presentaban en la medición de los recursos (presupuesto y personal dedicados a I+D), en sus países miembros. Con este propósito se celebró en Frascati, cerca de Roma, la primera reunión de expertos en estadísticas de los países de la OCDE. Surgió así el documento: *Metodología normalizada propuesta para las encuestas sobre investigación y desarrollo experimental*. Este documento, una vez revisado y aceptado por los expertos de todos los países miembros de la OCDE, se denominó *Manual de Frascati* (2).

Dicho Manual 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 normas y métodos para diseñar las encuestas que recogen los datos estadísticos que permitan reflejar las inversiones y el personal dedicado a actividades de I+D, de la misma manera en cada país (3). Desde su creación, el *Manual de Frascati* se ha convertido, de hecho, en la única guía internacional que existe sobre normalización de la toma de datos estadísticos para la medida de inversiones en I+D. Su metodología es adoptada y utilizada tanto en los países miembros de la OCDE, como en el resto del mundo.

Hasta la fecha ha tenido 5 ediciones, la 6ª y última será publicada previsiblemente en 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, se ampliaron los campos y objetivos, 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 de este momento, la OCDE, basándose en el principio de consenso común entre sus países miembros, es el líder mundial en el desarrollo de manuales estadísticos tendentes a homogeneizar, a nivel internacional, los procedimientos para la selección y recogida de datos estadísticos de C y T y los subsiguientes indicadores.

El desarrollo de estas tareas no sería posible sin la estrecha cooperación con otras organizaciones internacionales involucradas asimismo en la normalización estadística (EUROSTAT, UNESCO, etc.), así como con las agencias nacionales responsables de la recogida de los datos en cada país (Institutos Nacionales de Estadística).

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 innovadoras, los cuales se van revisando y ampliando periódicamente (tabla I).

En la actualidad, los Manuales sobre Patentes e Innovación están siendo revisados, y se estudia la posibilidad de creación de un nuevo Manual sobre Productos e Industrias de Alta Tecnología.

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 publicaciones e impacto (*Science Citation Index*), 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. Se aportarán más detalles al respecto en el capítulo de 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 (4, 5).

Tabla I**Manuales metodológicos de la OCDE para la medición de las actividades científicas y tecnológicas (*Manuales de la Familia Frascati*)**

<i>Tipo de datos</i>	<i>Título</i>
Inversiones y gastos en I+D	Método tipo para realizar encuestas sobre la investigación y desarrollo experimental (<i>Manual de Frascati</i> , 1963, 1970, 1976, 1981, 1983, y 2002, en preparación). Estadísticas de I+D y medida de los resultados en enseñanza superior. (<i>Suplemento del Manual de Frascati</i> , 1989)
Balanza de Pagos Tecnológicos (BPT)	Método para el recuento e interpretación de datos sobre balanza de pagos tecnológicos (<i>Manual de BPT</i> , 1990)
Innovación	Directrices para el recuento e interpretación de datos sobre innovación tecnológica (<i>Manual de Oslo</i> , 1992)
Patentes	Utilización de los datos de patentes como indicadores de ciencia y tecnología (<i>Manual de Patentes</i> , 1994)
Recursos Humanos en C y T	Manual sobre la medida de recursos humanos en ciencia y tecnología (<i>Manual de Canberra</i> , 1995)

La OCDE elabora y publica repertorios y bases de datos de series temporales de indicadores de C y T donde se recogen los datos suministrados por todos sus países miembros; los más importantes son: *Main Science and Technology Indicators* (6), que se publica dos veces al año, y *Basic Science and Technology Statistics* (7), que se edita cada dos años.

2.2 Comisión Europea. EUROSTAT

La oficina de estadísticas de I+D e Innovación, de la Dirección General XIII de la Unión Europea (EUROSTAT), publica informes anuales sobre la financiación pública de I+D en los estados miembros de la UE (en la actualidad, formada por 15 países), *Research and Development Annual Statistics* (8). Dichos informes anuales proporcionan series cronológicas de datos, que se obtienen de encuestas anuales que llevan a cabo los países miembros.

Las estadísticas de I+D de EUROSTAT tienen dos características peculiares; la primera es que los datos se presentan distribuidos por regiones en todos los países de la UE (en España, por Comunidades Autónomas). Hay que mencionar que OCDE está estudiando la posibilidad de aplicar también distribuciones regionales, aunque, de momento, encuentra oposición por parte de algunos países no europeos. La otra característica es que los datos de financiación pública se presentan desglosados por los objetivos socioeconómicos de la investigación, conforme a la nomenclatura NABS (Nomenclatura para el Análisis y Comparación de Presupuestos Científicos).

La Comisión Europea (CE) ha publicado la segunda edición de los *Indicadores Europeos de C y T (Second European Report on S&T Indicators)* (9), 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.

Por otra parte, en el año 2000, la CE encargó un ejercicio de evaluación comparativa («benchmarking») de las políticas científicas llevadas a cabo en sus 15 países miembros, utilizando 20 indicadores de C y T procedentes tanto de las fuentes de cada país, como del propio EUROSTAT (10). Esta iniciativa tiene como objetivo apoyar el intento europeo de crear el llamado «Espacio Europeo de Investigación».

2.3 Instituciones encargadas de las estadísticas nacionales

Los datos estadísticos nacionales de C y T 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. 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* (11), fruto del tratamiento de los datos obtenidos de dichas encuestas.

Paralelamente al análisis nacional, los datos se envían a las organizaciones OCDE y EUROSTAT, las cuales elaboran y publican repertorios y bases de datos de series temporales de indicadores de C y T de todos sus países miembros, como se ha dicho anteriormente (6, 7, 8). Estas series se pueden considerar razonablemente comparables desde 1970.

No todos los datos de C y T 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.

Actualmente, las estadísticas de C y T se deben ajustar a los cambios en la estructura económica de los países. En algunos se considera prioritaria la inclusión de encuestas y estudios de I+D en las industrias de servicios, y la recogida de datos más detallados sobre flujos internacionales de C y T. Asimismo, es cada vez más importante la medición de la transferencia de tecnología y la movilidad de los investigadores.

3 Indicadores de I+D

Se pueden definir como «indicadores» los parámetros que se utilizan en el proceso evaluador de cualquier actividad. Normalmente se emplea un conjunto de ellos, cada uno de los cuales pone de relieve una faceta del objeto de la evaluación. Esto se hace evidente en el caso de la ciencia, que al ser multidimensional, no podrá valorarse con un indicador simple.

Dado que no existen «valores de referencia» para los indicadores de C y T (por ejemplo, no se puede precisar el valor óptimo de la inversión en I+D, o cuál es la proporción adecuada de científicos por población activa), la evaluación de la ciencia por medio de indicadores sólo se puede basar en comparaciones internacionales. No obstante, las comparaciones entre países presentan algunos problemas, ya que éstos difieren en las estructuras económicas, culturales e históricas, y tienen distintos sistemas de I+D.

Desde los años 50, el número de indicadores disponibles de C y T se ha incrementado en progresión geométrica (véase tabla II) (12).

Tabla II
Desarrollo de los indicadores de C y T con el tiempo.
Principales indicadores utilizados

<i>Años 50 y 60</i>	<i>Años 70</i>	<i>Años 80</i>	<i>Años 90</i>
Inversiones y gastos en I+D	Inversiones y gastos en I+D Patentes Balanza de pagos tecnol.	Inverersiones y gastos en I+D Patentes Balanza de pagos tecnol. Productos alta tecnología Bibliometría Recursos humanos Innovación (encuestas)	Inverersiones y gastos en I+D Patentes Balanza de pago tecnol. Productos alta tecnol. Bibliometría Recursos humanos Innovación (encuestas) Innovación mencionada en literatura científica Soporte público a tecnol. industriales Inversiones intangibles Indicadores de tecnol. de infor. y comunicac.

Una vez analizados los datos y elaborados los indicadores, éstos permiten comparar las inversiones en I+D entre los diferentes países, y entre un mismo país a lo largo de distintos periodos de tiempo.

Tradicionalmente, se ha hecho una distinción entre los indicadores de inversiones, resultados e impacto (13). A continuación se describen los principales indicadores utilizados cuyos datos se recogen y analizan según una metodología normalizada.

3.1 Indicadores de inversiones en I+D

Miden los recursos nacionales dedicados a ciencia y tecnología. Se trata de los primeros indicadores utilizados y los más comúnmente aceptados para evaluar y comparar los esfuerzos en I+D en los diferentes países y regiones. Estos son:

3.1.1 Indicadores de financiación pública destinada a I+D

Porcentaje de los Presupuestos Nacionales destinado a I+D. Este indicador muestra la importancia relativa concedida a la I+D, en un país, en relación con otros objetivos del Estado.

En España, las partidas asignadas a cada organismo público se presentan detalladas anualmente en el apartado Función 54, de los Presupuestos Generales del Estado.

3.1.2 Indicadores de gastos en actividades de I+D

Lo que se mide es el gasto interno total, tanto público como privado, que realizan los organismos ejecutores de I+D (Empresas, Educación Superior y Administración), para llevar a cabo sus actividades sistemáticas de I+D. La proporción entre el gasto público (ejecutado por la Administración) y privado (ejecutado en las empresas), varía considerablemente entre los países. En España, la proporción es aproximadamente del 50%

Este indicador expresa el esfuerzo relativo realizado por un país para crear nuevo conocimiento 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 por excelencia y el más utilizado por los políticos. Indica la «intensidad» de la I+D nacional.

El gasto en I+D es un indicador de «input», lo que significa que mide sólo el esfuerzo dedicado a I+D, pero no la eficacia con la que dicho esfuerzo llega a producir nuevo conocimiento. Es decir, debería esperarse que los países que gastan aproximadamente la misma proporción de dinero en I+D, alcanzarían unos resultados también proporcionales, pero no es así; de hecho, éstos pueden variar grandemente en función de la eficacia de sus Sistemas Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación.

3.1.2.1 Gasto en I+D en la industria

Señala la importancia relativa de los gastos que realizan las empresas en I+D, en relación al total de la economía del país. Se pueden contar también las ayudas públicas para la I+D ejecutada en la industria. Este indicador expresa la fortaleza del sector industrial en el país, es decir, la «intensidad» de la I+D llevada a cabo en las industrias.

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

3.1.2.2 Gasto de I+D en la Enseñanza Superior y en la Administración

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 total del país. El

mismo concepto, aplicado a la Administración, indica igualmente el esfuerzo en I+D de los Organismos Públicos de Investigación, que pertenecen a la Administración, respecto al total.

El *Manual de Frascati* recomienda la distribución de los recursos y gastos dedicados a I+D según los sectores de ejecución y financiación, por campos de la ciencia y según tipo de investigación.

3.1.3 Ejemplos comparativos

Como ejemplo de la aplicación de los indicadores de I+D, se aportan algunos datos procedentes del informe elaborado por la Comisión Europea (10), sobre la evaluación comparativa de sus países.

Intensidad en I+D (porcentaje del PIB dedicado a I+D)

En 1999, las cifras más altas, en porcentajes, las proporcionan EE.UU. (2,62%) y Japón (2,91%). A la UE le corresponde de media 1,92%. Dentro de la UE, Suecia y Finlandia alcanzan el máximo valor para la intensidad en I+D, con 3,7% y 3,3%, respectivamente. El menor porcentaje corresponde a España, 0,89%, Portugal, 0,78% y Grecia, 0,51%.

Gasto en I+D financiada por la industria, en relación al «output» industrial

Se relaciona el porcentaje de gasto en I+D de la industria, respecto al dinero que origina ésta. Así, en 1999, el esfuerzo relativo hecho por la industria para financiar la I+D es muy bajo en la UE (1,4%), en relación con EE.UU. (2,1%), y Japón (2,5%).

En la UE, Suecia, con un 3,9% y Finlandia, con el 3,2%, ocupan los primeros puestos, mientras que España, con el 0,58% ocupa el tercer lugar más bajo.

3.2. Recursos humanos dedicados a I+D

El desarrollo económico y social está estrechamente ligado a la producción, adquisición y uso del conocimiento. El disponer de recursos humanos cualificados es esencial para la generación y difusión del conocimiento.

En este capítulo se pueden distinguir dos conceptos en relación con los recursos humanos. El más restringido, encontrado en el *Manual de Frascati*, que se refiere al «personal» dedicado a I+D, y el más general, propuesto por el *Manual de Canberra*, que se ocupa de la «reserva de personal» para I+D, en general, es decir, de los recursos humanos, tanto reales como potenciales.

3.2.1 Personal dedicado a I+D

Los indicadores de 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 pobla-

ción activa del país. También se puede medir el personal en EJC (Equivalente a Jornada Completa), en relación con población activa.

El *Manual de Frascati* aconseja que se haga la distribución entre «investigadores» y «otro personal de I+D» (ayudantes, técnicos, etc.), y que se distribuya por organismos en los que trabaja dicho personal (Educación Superior, Empresas, Administración), y, a su vez, se desglose por disciplina, según la Clasificación ISCO, de ocupación (International Standard Classification of Occupation), y Cualificación: según la Clasificación ISCED por nivel de educación (International Standard Classification of Education).

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

3.2.2 Reserva de personal dedicado a I+D

Como se ha indicado anteriormente, a pesar de que el *Manual de Frascati* trata con detalle el tema de personal dedicado a I+D, con el tiempo se vio que este concepto quedaba algo limitado. Por esta razón, en 1995, la OCDE, en colaboración con EUROSTAT, y con consenso de sus países miembros, elaboró un nuevo Manual estadístico para la medida de Recursos Humanos en C y T, conocido como *Manual de Canberra* (14), que proporciona un marco más amplio para el análisis de 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, así como a las personas empleadas, no cualificadas, que trabajen en una ocupación de I+D, para la que se requieren normalmente dichas cualificaciones (15).

Estos indicadores recogen los recursos humanos, desglosados por cualificación, tipo de empleo y sector (Industria, Educación Superior, Centros Públicos de Investigación, etc.); así como los flujos de entrada de dicho personal (en el sistema educativo e inmigración) y de salida (jubilación, retirada y emigración), 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, según sectores (fabricación, servicios, empresas, etc.) (16).

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

Así por ejemplo, el número de jóvenes investigadores trabajando en universidades u OPI, en relación con el número total de investigadores, reflejaría el atractivo que ejercen las profesiones científicas en los jóvenes.

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

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

La movilidad de los investigadores, medida por número de becas, sabáticos, invitaciones, 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.

3.2.3 Ejemplos comparativos

A continuación se presentan algunos datos comparativos sobre recursos humanos en I+D (10).

En 1998, la presencia de investigadores en el total de la población activa en la UE es de 5,3 por mil, considerablemente menor que Japón, 9,3 por mil, y EE.UU., 8,1 por mil. España cuenta con 3,7 investigadores por mil de población activa. Dentro de la UE, los primeros países son Finlandia, con 10,6 investigadores por mil, y Suecia, con 8,4 por mil.

En cuanto al número de nuevos doctores (entre 25 y 34 años), por mil investigadores, en 1998, la UE, con 0,55 supera ligeramente a EE.UU., 0,47, y Japón, 0,24. España alcanza un valor de 0,43.

4 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. Algunos países invierten grandes sumas en actividades científicas y tecnológicas. Por ejemplo, según se ha indicado, la media de países de la OCDE dedica a las actividades de I+D el 2% de su Producto Interior Bruto. 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 que las empleadas para los indicadores de inversiones, precisamente por su distinta naturaleza.

4.1 Indicadores de producción científica. Bibliometría

El conocimiento científico y técnico se almacena y distribuye tradicionalmente por medio de publicaciones. Mediante la observación y tratamiento matemático y estadístico de los datos bibliográficos incluidos en dichas publicaciones (artículos de revistas, patentes, libros, y otros medios de comunicación científica escrita), se llega a comprender el estado de la ciencia y la tecnología. La Bibliometría es la disciplina científica que estudia las características y comportamiento de la ciencia y la tecnología a través de las publicaciones científicas.

Los indicadores basados en la Bibliometría se caracterizan por ser cuantitativos, aunque, a veces, se les concede un carácter cualitativo cuando se emplea el análisis de citas. Conviene señalar, no obstante, que el único juicio 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, especialmente el *Science Citation Index* (SCI), que incluye también índices de citas y Factor de Impacto de las revistas.

Los principales indicadores son:

4.1.1 Indicadores de 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 las inversiones de éste en C y T. Se corrige si consideramos la productividad, o relación del total de publicaciones científicas por millón de habitantes, p.e. Pero todavía es insuficiente, porque las inversiones en ciencia de los países son muy diferentes, y para medir la productividad hay que tener también en cuenta dichas inversiones.

4.1.2 Indicadores de especialización científica

La distribución de las publicaciones de los países por campo científico, indica el perfil de la especialización científica del país. Expresa también el peso de cada campo en un país en comparación con su peso medio en el mundo. Se aprecian notables diferencias en distintos países, que pueden ser debidas a las características de sus respectivas políticas científicas que apoyan de manera diferente los distintos campos científicos, lo que se traduce en presupuestos desequilibrados entre dichos campos.

Es interesante analizar la especialización en los distintos subcampos y en los nuevos campos emergentes de la ciencia.

4.1.3 Indicadores de 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, los 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 ci-

tado 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 este indicador principalmente como de «visibilidad» de la ciencia.

Otro indicador muy frecuentemente usado se refiere al Factor de Impacto (FI) de las revistas. Éste se calcula según el número de trabajos publicados en un año, en relación con las citas que han recibido esos artículos en los dos años siguientes a su publicación. Se utiliza como referente de calidad científica de las revistas, pero varía enormemente entre campos científicos, ya que en algunas áreas como Matemáticas, p.e, 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.

4.1.4 Indicadores de colaboración científica

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

4.1.5. 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. Se pueden construir mapas de la ciencia basados en las relaciones semánticas de ésta, a partir de los conceptos integrados en los documentos (palabras clave, descriptores, etc.) (17).

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), (18, 19). Los datos se obtienen principalmente 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 (20, 4, 5, 21, 22, 23, 24).

4.1.6 Limitaciones de los indicadores bibliométricos

Los indicadores basados en la Bibliometría tienen importantes limitaciones: la primera es que no existe ninguna base de datos que cubra completamente la producción científica total de los países. La base de datos universalmente utilizada para estudios bibliométricos es el *Science Citation Index (SCI)*, producida por el Institute for Scientific Information, de Filadelfia. Es multidisciplinar, y refleja principalmente el perfil

científico de EE.UU. Está altamente sesgada hacia el área de las Ciencias de la Vida, donde cuenta con un 50% de las fuentes empleadas, en detrimento de otras ciencias aplicadas como Ingeniería, Geología, etc., cuyo porcentaje de fuentes es más bajo. Por cierto, es bastante escaso el número de sus revistas fuente, unas 2.500, si bien son las más citadas según sus propios registros (forman la corriente principal de la ciencia, «mainstream»), y de ellas son recogidos todos sus artículos («cover to cover»). Estas revistas fuente proceden principalmente del área anglosajona y están escritas en inglés.

A pesar de estas limitaciones, es la única base de datos que incluye índices de citas y Factor de Impacto de las revistas.

Las características apuntadas de la base de datos empleada corrientemente para obtener los indicadores bibliométricos de producción científica, hace que dichos indicadores no se puedan considerar comparables internacionalmente. En realidad, lo que expresan estos indicadores es la proporción de publicaciones que cada país aporta a la «corriente principal de la ciencia», según nomenclatura del propio SCI.

Desde hace tiempo, algunos especialistas vienen llamado 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 (25, 26, 27, 28).

Por otra parte, los indicadores bibliométricos, basados en el número de publicaciones, citas y co-citas, se aplican principalmente a la ciencia básica, la mayoría de la cual se realiza en instituciones académicas, donde los resultados de la investigación básica se reportan en revistas, libros, etc., recogidos en SCI, con el fin de alcanzar la máxima difusión y audiencia y conseguir el reconocimiento de otros colegas.

Por tanto, otra de las limitaciones del procedimiento bibliométrico es que no se puede contabilizar la gran cantidad de información científica comunicada a través de otros canales no convencionales, tales como informes técnicos, comunicaciones orales entre científicos, etc. Por otra parte, en general, los resultados de la investigación aplicada no se hacen públicos en documentos, sino que se suelen patentar o guardar como secreto industrial por el propio interés de los sectores industriales implicados, y como prevención frente a sus competidores.

Otras limitaciones de los indicadores basados en citas se pueden resumir en las siguientes consideraciones (29):

El hábito de publicar y citar varía mucho según las disciplinas, por lo que no se pueden comparar los Factores de Impacto de las revistas de disciplinas diferentes.

Los trabajos de gran importancia entran rápidamente a formar parte del cuerpo del conocimiento y son referidos en la literatura, sin citar a sus autores.

Las citas pueden ser muy negativas y críticas; sin embargo no se pueden distinguir de las positivas y se consideran iguales a éstas. Hay que tener también en cuenta las auto-citas, que se contabilizan igual que si fueran de autores distintos.

El tamaño de los grupos de investigadores que cultivan campos diferentes de la ciencia varía mucho según dichos campos; por tanto, la probabilidad de ser citado varía bastante entre los distintos sectores científicos.

El valor del trabajo científico no siempre es reconocido por los contemporáneos, sobre todo si procede de sectores emergentes.

4.1.7 Nuevos indicadores no bibliométricos de productividad científica

Actualmente, se está estudiando la posibilidad de adoptar otro tipo de indicadores no bibliométricos para analizar la productividad científica; éstos son:

Número de «spin-off» (empresas que surgen espontáneamente, por iniciativa de los investigadores, para producir y comercializar algunos descubrimientos científicos generados en universidades y OPI). Medirían la capacidad para el desarrollo de nuevas actividades económicas y empresariales, de las citadas instituciones y de su personal investigador.

Uso de redes electrónicas en laboratorios de I+D, que miden la capacidad de conexión y uso de dichas redes en la investigación, para conseguir más rápidamente la difusión de conocimientos y resultados científicos.

4.1.8 Ejemplos comparativos

Considerando el número de publicaciones científicas por millón de habitantes, en 1999 (10), Suecia encabeza la lista, con 1431; España apunta la cifra de 471; EE.UU. con 708 sobrepasa a la UE, que cuenta con 613 y a Japón, con 49.

Respecto al porcentaje de artículos más citados en relación con el número de los publicados, para el periodo 1997-99, se destaca Dinamarca que ocupa el primer puesto mundial con 1,62; le siguen EE.UU. con 1,27; UE, con 1,20 y Japón, 0,65. En este caso, España supera también a Japón, con una relación de 0,80.

5 Indicadores de resultados tecnológicos

5.1 Patentes

Las patentes son documentos que representan invenciones que han pasado un examen en una Oficina de Patentes, tanto para asegurar su novedad, como para precisar su potencial utilidad. Son, por tanto, una valiosa fuente de información del desarrollo tecnológico. Por otra parte, las patentes, normalmente, son producto de actividades de I+D llevadas a cabo con éxito, y a menudo ofrecen información detallada de dichas actividades.

Los documentos de patentes son también derechos que concede el Estado a los inventores como consecuencia de la publicación de sus invenciones, durante un periodo de tiempo y bajo ciertas condiciones. Esto da a los inventores derechos exclusivos sobre la explotación comercial de dichos inventos. Las condiciones legales y jurídicas referentes a la aplicación y protección de las patentes varían extraordinariamente de un país a otro, lo que hace difícil las comparaciones internacionales.

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 30 años.

Las fuentes más utilizadas para conseguir los datos son las Oficinas Nacionales de

Patentes. Otros datos básicos provienen del WIPO (OMPI, Organización Mundial de la Propiedad Intelectual, en Ginebra), que publica estadísticas de patentes desde 1979, y la Oficina Europea de Patentes, desde 1978. Las Patentes de EE.UU. (US Patent and Trademark Office), son especialmente interesantes para analizar las citas a otras patentes, o a literatura científica.

La OCDE publicó la primera versión del *Manual de Patentes* en 1994 (30), en la que se aportan directrices para utilizar los datos incluidos en las bases de datos de patentes, como indicadores de la actividad tecnológica.

El número de patentes es el indicador más usado para medir las actividades tecnológicas de las empresas y países, si bien el sector público cuenta así mismo con patentes. Se viene empleando también como indicador de innovación, aunque, en realidad, es un indicador de invenciones.

Los datos utilizados son: número de patentes solicitadas frente al número de las finalmente concedidas, en cada país, por millón de población, clasificadas por campo tecnológico. Se hace distinción entre las patentes nacionales, las europeas y las internacionales que se distribuyen por país solicitante y país de residencia del titular de la patente. Asimismo, se tiene en cuenta si el solicitante es residente en el país o no.

Con estos datos se pueden construir indicadores tales como:

- Índice de dependencia tecnológica (número de patentes de no residentes, en relación con el número de patentes de residentes).
- Índice de difusión tecnológica (número patentes 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. Por medio de la distribución de las patentes según la clasificación de patentes, se refleja la importancia relativa de los diferentes sectores tecnológicos en los distintos países, y la propensión de las diferentes industrias a patentar.

Una interesante posibilidad de la utilización de las patentes como indicadores es el área de prospectiva tecnológica y análisis de co-citas entre patentes, para averiguar áreas de tecnologías emergentes y de desarrollo tecnológico intensivo (31).

Otra posibilidad, como se ha apuntado en el capítulo anterior, es analizar la influencia que la ciencia básica ejerce sobre la tecnología, según las citas hechas a trabajos publicados en revistas científicas, por los evaluadores de patentes americanas, para demostrar el «estado de la técnica» de las patentes americanas solicitadas que están en periodo de examen previo a la concesión. Es un indicador de la transferencia de tecnología, y mide el flujo de conocimiento y la relación entre ciencia y tecnología (28, 32, 33, 34). El cómputo de patentes relacionadas con ciencia básica es, además, una manera de medir la relevancia que tiene ésta en la industria. Así, las patentes de biotecnología, productos farmacéuticos, semiconductores y nuevos materiales, utilizan cada vez con más frecuencia referencias de ciencia básica. Las patentes que ofrecen menor número de citas a ciencia básica son las de ingeniería civil, mecánica, transporte, etc.

El valor de las patentes como indicadores de actividad inventiva, innovadora y del progreso tecnológico, se ve reflejado en la literatura (35, 36, 37, 38). Sin embargo, la utilización de patentes como indicadores para comparaciones internacionales no está exenta de problemas, como veremos a continuación:

Los requisitos para que una invención se pueda patentar varían según los países.

La propensión a patentar varía también según el sector industrial y el tamaño de la empresa. Por otra parte, no se puede saber qué proporción de invenciones se patenta, por lo que el número de patentes no refleja enteramente la producción inventiva total.

La «calidad» y el «valor» de las patentes varían grandemente; algunas tienen muy poco valor comercial, mientras otras producen grandes retornos económicos.

Por otra parte, EUROSTAT trabaja en colaboración con la Oficina Europea de Patentes, para hacer compatibles la clasificación de patentes y la actual clasificación industrial, ISIC (International Standard Industrial Classification), lo que facilitaría grandemente los estudios comparativos, ya que actualmente ambas clasificaciones difieren mucho.

Recientemente, se ha puesto de manifiesto que en las empresas americanas las patentes resultan relativamente poco eficaces para proteger la innovación de los productos (excepto para medicamentos) (39). Más eficaz resulta el secreto industrial, también para proteger procesos de innovación, por lo que se ha observado que las industrias americanas emplean cada vez más el secreto y menos las patentes, de las que se ha producido un modesto descenso en los últimos años.

5.1.1 Ejemplos comparativos

Teniendo en cuenta la producción de patentes europeas por millón de población (10), en 1999, EE.UU., UE y Japón presentan valores muy similares, 130, 125 y 126, respectivamente. El primer puesto de la clasificación lo ocupa, de nuevo, Suecia, con 289. A España le corresponde un valor de 19.

5.2 Balanza de Pagos Tecnológicos (BPT)

La BPT registra el flujo financiero que se produce en un país debido a las transacciones comerciales internacionales de sus empresas, relativas a la transferencia de tecnología, para un periodo dado. 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.

Los datos de la BPT permiten medir la difusión internacional de la tecnología no incorporada, contabilizando todas las operaciones relativas a intercambios de conocimientos técnicos y de servicios con contenido tecnológico, entre socios de diversos países. Es decir, mide la diferencia entre gastos y retornos de un país, por exportar o importar conocimientos o servicios técnicos.

En 1982, la OCDE inició el examen de los datos de BPT de sus estados miembros, y tras una serie de reuniones, se adoptó el *Manual for the collection and publication of TBP data* (40), con el fin de unificar criterios para la obtención de indicadores sobre las transacciones comerciales de tecnología.

Antes de 1990, los datos de la BPT se recopilaban en los países miembros a través de los Bancos Nacionales, y de informaciones procedentes de autoridades encar-

gadas del control de cambios, que eran los intermediarios autorizados en operaciones de divisas entre residentes y extranjeros. Actualmente, los datos de la BTP se han visto influidos por la liberalización de los mercados europeos. La abolición del control de divisas ha supuesto la libertad para abrir cuentas en bancos extranjeros, en divisas del país y comprar tecnología en el extranjero con cargo a dichas cuentas, con lo que los Bancos Nacionales han perdido el control de las transacciones monetarias en la compra de tecnología. A partir de 1990, se produjo un corte en las series temporales y los datos de la BPT se obtienen de encuestas especiales.

La comparabilidad internacional de los datos no es uniforme, está limitada por los diferentes procedimientos de toma de datos (encuestas directas a los Bancos Nacionales, o encuesta indirecta, entre otras). Además, 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.

5.2.1 Ejemplos comparativos

La relación entre las exportaciones e importaciones de tecnología (ingresos y pagos), como porcentaje del PIB, en 1999, (10), ofrece un saldo positivo en algunos países, entre ellos Reino Unido, 0,51; EE.UU., 0,25; Japón, 0,09. Para España este valor es negativo, -0,14.

6 Indicadores de innovación tecnológica

La innovación tecnológica es un proceso concebido inicialmente como un modelo lineal de flujo de conocimiento, según el cual, la innovación es la consecuencia del desarrollo de nuevas ideas, las cuales se transforman en nuevos productos por medio de una serie de etapas fijas y consecutivas, que irían desde la investigación científica básica pasando por el desarrollo experimental hasta la fabricación y comercialización del nuevo producto. Según este modelo, sería suficiente concentrar todos los esfuerzos en los primeros estadios para obtener los resultados esperados, lo que ha servido de justificación para considerar la I+D como el principal indicador de la actividad de innovación en su conjunto.

Este concepto lineal de innovación tecnológica ha cambiado radicalmente en los últimos años, siendo sustituido por un modelo interactivo o de conexión en cadena (41) más complejo, según el cual la actividad de innovación es el resultado de un complejo proceso de retroalimentación de fuertes interacciones continuas y repetidas entre diferentes elementos heterogéneos e interdependientes, tales como: investigación y desarrollo, ingeniería, estudio de mercados y de usuarios, planificación financiera, diseño de productos y procesos, producción industrial, canales de distribución, proveedores de equipos y materias primas, ventas, etc. En definitiva, se trata de un proceso que mantiene poderosos y eficaces enlaces entre la ciencia, la tecnología, los consumidores y el mercado.

En este nuevo modelo interactivo, la I+D ha dejado de ocupar el primer lugar en el proceso de innovación, y constituye un factor más en dicho proceso. De tal manera que la disponibilidad de recursos humanos multidisciplinares y cualificados, o de una infraestructura bien desarrollada de instituciones financieras y de comunicaciones, así como de un sistema eficaz de difusión de conocimientos, entre otros, puede tener la misma importancia en dicho proceso que la propia I+D.

El disponer de información sobre la evaluación de los procesos de innovación se ha hecho imprescindible para la política tecnológica. Sin embargo, la medida de la actividad de innovación en la industria no es una tarea fácil. Como hemos visto, se trata de un proceso complejo, dado su carácter multidisciplinar, y la incertidumbre que lleva consigo toda novedad. 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 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 objeto, etc.

En los países en desarrollo, la mayor parte de la actividad innovadora se centra en innovaciones menores, como son la modificación o mejora de las tecnologías existentes, lo que en algunos casos puede conducir a importantes aumentos en la productividad de la empresa.

Por otra parte, el seguimiento del proceso innovador es difícil (42), ya que transcurre un tiempo muy largo desde la concepción de una idea nueva, su desarrollo en una invención técnica, su transformación en una innovación de importancia económica, y su difusión en el mercado.

Los indicadores comúnmente utilizados en 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 innovación. Aunque son imprecisos, debido a la ambigüedad en el concepto de «novedad», y, además, ignoran la innovación de procesos que, en algunas industrias, puede ser tan importante o más que la innovación de productos (p.e. en la industria química) (36).

Por lo dicho, es muy importante el desarrollo de indicadores de innovación normalizados que midan con mayor precisión la compleja actividad de innovación y, sobre todo, sus interacciones con la economía.

La OCDE ha publicado el *Manual de Oslo* (43), que proporciona definiciones y metodología para diseñar las encuestas que recojan 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 2/3 de la producción 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 (44, 45).

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 dentro de los países europeos usando un cuestionario común para las encuestas, según el proyecto CIS (*Community*

Innovation Survey). En 1991, se utilizó el CIS I, y desde 1997, se maneja el CIS II, con contenidos más depurados, y teniendo en cuenta los diferentes sectores de la economía (industrias de fabricación, servicios, agricultura, construcción, etc.).

En España, el INE publica cada dos años los resultados de la encuesta de innovación que envía a las empresas (46). Otros países no europeos recogen los datos de innovación, de acuerdo con la metodología del *Manual de Oslo*. Así por ejemplo, los países latinoamericanos, 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 (47).

Actualmente, se tiende a desarrollar indicadores de resultados más directos; entre ellos, 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), (48, 49, 50). Consiste en el análisis de la información acerca de innovaciones y nuevos productos contenida en revistas o boletines técnicos o comerciales que incluyen secciones técnicas y comerciales, controladas por los editores (en ningún caso son anuncios publicitarios pagados), donde se dan a conocer los nuevos productos o servicios. Las listas de algunas de dichas revistas se ofrecen en la bibliografía (49, 50).

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

Recientemente, OCDE aconseja aplicar los indicadores de innovación también a los cambios de organización y gestión de la empresa, siempre que éstos conlleven beneficios económicos.

7 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 C y T más representativos. En España, se publica anualmente, desde 1998, una recopilación de series temporales de los indicadores básicos de I+D: *Indicadores del Sistema Español de Ciencia y Tecnología* (51).

Asimismo, algunas organizaciones internacionales publican también datos estadísticos de C y T y subsiguientes indicadores. En EEUU, la National Science Foundation, publica *Science and Engineering Indicators* (52), La Comisión Europea, *European S&T Indicators* (9), El Observatorio de las Ciencia y la Técnica (OST), de Francia, *Science&Technologie Indicateurs* (53). UNESCO, *Manual for Statistics on Scientific and Technological Activities* (54). Recientemente, la Red de Indicadores Iberoamericanos de Ciencia y Tecnología (RICYT) edita *Indicadores de C y T Iberoamericanos/Interamericanos* (55), 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.

8 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 C y T con el empleo, el medio ambiente, el crecimiento económico, etc. Es necesario, por tanto, construir indicadores que evalúen dichas relaciones.

Por otra parte, aparecen nuevas áreas de estudio, como son los servicios. La medición de la I+D y la innovación en el sector industrial de los servicios es una obligación a la vista del desarrollo de dicho sector. En la mayoría de los países de la OCDE, las empresas de servicios ocupan los dos tercios del empleo, y dentro de las heterogéneas actividades que abarcan, algunas juegan un papel fundamental en la innovación tecnológica (como la industria de «software», p.e.), mientras otras adoptan inmediatamente las nuevas tecnologías, como las tecnologías de la información (banca, seguros, turismo, etc.).

También es muy importante la medida de la innovación en las tareas de la organización interna y de gestión de la empresa, sobre todo de las actividades relacionadas con la informatización y acceso a redes, pero también en aspectos de protección del medio ambiente, higiene, prevención de riesgos, etc., que pueden suponer importantes beneficios económicos para la empresa, y un claro aumento de su competencia.

En conclusión, los indicadores de C y T están en un periodo de rápida evolución. En los próximos años, los esfuerzos de estadísticos, investigadores y políticos 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.

Como ejemplo de la continua observación de la OCDE acerca de las necesidades y problemas que van surgiendo, se puede citar la iniciación, en 1999, de los estudios previos 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. Por esto, OCDE ha creado un grupo de expertos formado por estadísticos y científicos, para consensuar el desarrollo de definiciones en el área de la Biotecnología y llevar a cabo el diseño de estadísticas normalizadas, que hagan la recuperación de estos datos comparable internacionalmente. El propósito es abordar la creación de indicadores en esta importante área científica y tecnológica. Cuando los estudios estén suficientemente maduros, se elaborará un nuevo manual.

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 incluye también ensayos clínicos.

9 Bibliografía

1. SMITH, K. New views of innovation and challenges to R&D policy. En Hassard J, Proctor, S. (eds). *R&D Decisions: Policy, Strategies and Disclosure*, 1996. Routledge, London
2. 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.
3. SANCHO, R. Manual de Frascati para la medición de las actividades científicas y técnicas. *Política Científica*. 1996, vol. 45, marzo, p. 21-26.
4. OKUBO, Y. Understanding Bibliometrics: *Draft Manual on the use of Bibliometrics as Science and Technological Indicators*. 1995. OCDE. París, 26 April.
5. OKUBO, Y. Bibliometric Indicators and analysis of Research Systems: Methods and Examples. OECD. STI working Papers. 1997/1. OCDE/GD(97)41.
6. OECD. *Main Science and Technology Indicators*. 2000. nº 1, 2. París. Semestral.
7. OECD. *Basic Science and Technology Statistics*. 2000. París. Bial. Bial.
8. EUROSTAT. *Research and Development. Annual Statistics*. 1997. Anual. Luxemburgo.
9. EUROPEAN COMMISSION. *Second European Report on S&T Indicators. Report* (1997). EUR 17639. ISBN 92-828-0271-X. Annexes. EUR 17639. ISBN 92-828-2754-2.
10. 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.
11. INE. *Estadística sobre las actividades de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológica (I+D)*. Madrid. Anual (a partir de 1996, bial. Bial)
12. SIRILLI, G.; KUHLMANN, S. *The use of science and technology indicators in RTD evaluation*. 2001. STRATA-EPUB Project. Socio-Economic Evaluation of Public RTD Policies. Draft. March. 2001.
13. FREEMAN, C. (ed). *Output measurements in Science and Technology*. North Holland. Amsterdam. 1987.
14. OECD. *The Measurement of Scientific and technical Activities. Manual on the Measurement of Human Resources Devoted to S&T*. «Canberra Manual». 1995. OECD. OCDE/GD (95) 77. París.
15. SANCHO, R. Medición de recursos humanos en ciencia y tecnología en los países de la OCDE. *Política Científica*. 1994, vol. 40, julio, p.59-61.
16. STENBERG, L.; GUSTAFSSON, E.; 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. 1996. OECD, 20-21 june, París.
17. VAN RAAN, A.F.J. Advanced bibliometric methods to assess research performance and scientific development: basic principles and recent practical applications. *Research Evaluation*. 1993, vol. 3, nº 3, p. 151-166.
18. NARIN, F.; OLIVASTRO, D. Status report: linkage between technology and science. *Research Policy*. 1992, vol. 21, p. 237-249.
19. CARPENTER, M. P.; Cooper, M.; Narin, F. Linkage between basic research literature and patents. *Research Management*. 1980, vol. 23, nº 2, p. 30-35.
20. SANCHO, R. Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista Española de Documentación Científica*. 1990, vol. 13, nº 3-4, p. 842-865.
21. BRAUN, T.; GLÄNZEL, W.; 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*. 1995, vol.33, p.263-293. Part II. Life Sciences. *Scientometrics*. 1995, vol. 34, p. 207-237.
22. GARFIELD, E.; WELLJAMS-DOROF, A. Citation data: their use as quantitative indica-

- tors for science and technology evaluation and policy-making. *Science and Public Policy*. 1992, vol. 19, p. 321-327.
23. GLÄNZEL, W. The needs for standards in bibliometric research and technology. *Scientometrics*. 1992, vol. 35, p. 167-176.
 24. SCHUBERT, A.; GLÄNZEL, W.; BRAUN, T. Scientometric datafiles. A comprehensive set of indicators on 2649 journals and 96 countries in all major science fields and subfields. 1981-1985. *Scientometrics*. 1989, vol. 16, n° 1-6, p. 3-478.
 25. MORAVSICK, M.J. Applied scientometrics. An assessment methodology for developing countries. *Scientometrics*, 1985, vol. 7, n° 3-6, p.165-176.
 26. SANCHO, R. Misjudgements and shortcomings in the measurement of scientific activities in less developed countries. *Scientometrics*. 1992, vol. 23, n° 1, p. 221-233.
 27. GAILLARD, J. Es visible la ciencia en el Tercer Mundo? *Mundo Científico*. 1989, vol. 9, n° 93, p.764-768.
 28. ARUNACHALAM, S.; GARG, K.C. Science in the periphery. A scientometric analysis of science in ASEAN countries. *Journal of Information Sciences: Principles and Practices*. 1986, vol. 12, n° 3, p. 105-118.
 29. GÓMEZ CARIDAD, I.; BORDONS GANGAS, M. Limitaciones en el uso de los indicadores bibliométricos para la evaluación científica. *Política Científica*. 1996, vol. 46, p. 21-26.
 30. OECD. *Proposed Standard Practice for Survey of Research and Development. The Measurement of Scientific and Technical Activities. Using Patent Data as Science and Technology Indicators. Patent Manual*. 1994. OECD. OCDE/GD(94)114. París.
 31. MEYER, M. What is special about patent citations? Differences between scientific and patent citations. *Scientometrics*. 2000, vol. 49; n° 1, p.93-123.
 32. NARIN, F.; Hamilton, K.S.; Olivastro, D. The increasing linkage between US technology and public science. *Research Policy*. 1997, vol. 26, p. 317-330.
 33. TIJSSEN, R. J. W. Global and domestic utilization of industrial relevant science patent citation analysis of science-technology interactions and knowledge flows. *Research Policy*, 2001, vol. 30, p. 35-54.
 34. MASFIELD, E. Academic Research and Industrial Innovation. *Research Policy*. 1991, vol. 20, n° 1. p. 1-2.
 35. ARCHIBUGI, D. Patenting as an indicator of technological innovation: a review. *Science and Public Policy*, 1992, vol. 19, n° 6, p. 357-368.
 36. ARCHIBUGI, D.; PIANTA, M. Innovation surveys and patents as technological indicators: the state of art. En: OECD, *Innovation, Patents and Technological Strategies*, 1996, OECD, París.
 37. BASBERG, B.L. Patents and the measurement of technological change: a survey of the literature. *Research Policy*. 1987, vol. 16, n° 2-4, p. 131-141.
 38. GRILICHES, Z. Patent statistics as economic indicators: a survey. *Journal of Economic Literature*. 1990, vol. 28, n° 4, p. 1661-1797.
 39. OECD. Conferencia sobre: *New Indicators for the knowledge-based economy*. 1996, 19-21 junio, París.
 40. OECD. *The Measurement of Scientific and Technological Activities. Proposed Standard Method of compiling and Interpreting Technology Balance of Payments Data- BTP Manual*. 1990, OECD, París.
 41. KLINE, S.J.; ROSENBERG, N. An overview of innovation. En: Landan, R.; Rosenberg, N. (editors). *The Positive Sum Strategy*. 1986. *Harnessing Technology for Economic Growth*. Washington. D.C. National Academic Press, pp. 275-306.
 42. EUROPEAN COMMISSION. *International Conference. Innovation Measurement and Policies*. 1996. Luxembourg, 20-21 May.
 43. OECD. *OECD Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data. «Oslo Manual»*. 1992, OECD, ISBN 92-64-15464-7.124 pp. París.
 44. EVANGELISTA, R; SIRILLI, G. Innovation in the service sector. *Research Evaluation*, 1995, vol. 5, n° 3.

45. YOUNG, A.. Revision of the Oslo Manual. *International Conference on Innovation Measurement and Policies*. 1996, European Commission, Luxembourg, 20-21 May.
46. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. *Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas*. Bienal. Madrid
47. RICYT. *Manual de Bogotá. Normalización de Indicadores de Innovación Tecnológica en América Latina y el Caribe*. 2001, RICYT/OEA/CYTED.
48. KLEINKNECHT, A. Towards literature-based innovation indicators. *SEO Foundation for Economic Research*. 1991, University of Amsterdam.
49. COOMBS, R; NARANDREN, P.; RICHARDS, A. A literature-based innovation output indicators. *Research Policy*. 1991, n° 25, p. 403-413.
50. SANTARELLI, E.; PIERGIOVANNI, R. Analyzing literature-based innovation output indicators. The Italian experience. *Research Policy*. 1996, n° 25, p. 689-711.
51. MINISTERIO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA. *Indicadores del Sistema Español de Ciencia y Tecnología*. Madrid. Anual.
52. NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. *Report. Science and Engineering Indicators 2000*. National Science Board. Arlinton, VA; Washington. DC (NSB-00-1). Annual.
53. OST. Science & Technologie Indicateurs. *Report de l'Observatoire des Sciences et des Techniques*. 2000, París, anual.
54. UNESCO. *Manuel for Statistics on Scientific and Technological Activities (ST-79/WS/10)*. 1979, junio, París.
55. RICYT. *Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos /Interamericanos*. 2000, Buenos Aires, Argentina, anual.