

## **Indicadores de ciencia y tecnología Iberoamericanos/Interamericanos\***

*Mario Albornoz\*\* y Ernesto Fernández Polcuch\**

En la década de los noventa, los países de la región deben afrontar el diseño de nuevas políticas de ciencia y tecnología, en el marco de procesos de globalización de la economía y la tecnología. Por ello, se torna necesario contar con indicadores de ciencia y tecnología normalizados. Esta nota de investigación presenta los resultados provisорios del programa conjunto, con sede en la Universidad Nacional de Quilmes, que desarrolla la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología del Programa CYTED, juntamente con el Grupo de Trabajo Interamericano sobre Indicadores de ciencia que patrocina la OEA. En primer lugar, se presentan los doce indicadores básicos considerados y se describe en base a ellos el "mapa" de la región. En segundo lugar, se agregan datos complementarios y se realizan apreciaciones sobre la región, sobre la base del conjunto de información obtenida. Finalmente, se discuten los problemas metodológicos y la calidad de los datos logrados.

El presente informe es parte de una investigación más amplia, de la cual se ha finalizado la primera parte, destinada a obtener mediante indicadores una imagen numérica de las capacidades científicas y tecnológicas de los países iberoamericanos. La etapa recién concluida consistió en obtener información básica acerca de doce indicadores, para los primeros años de la década de 1990. Debido a la escasa información disponible hasta el momento, entendimos que la conclusión de esta fase puede ser vista como un avance sustancial del proyecto. Lo expresivo de los datos obtenidos valida, a nuestros ojos, la conveniencia de su publicación.

Desde el punto de vista de la siguiente fase de la investigación, los datos recabados brindan disparadores para proseguir en dos sentidos: la búsqueda de patrones que permitan normalizar los conceptos

\* Fecha de aceptación: agosto de 1996.

\*\* Centro de Estudios e Investigaciones. Universidad Nacional de Quilmes.

\*\*\* Centro de Estudios e Investigaciones. Universidad Nacional de Quilmes.

y métodos a ser usados en el futuro para la confección de indicadores de ciencia y tecnología y la verificación de ciertas hipótesis referidas a las políticas de ciencia y tecnología de los países de la región, en relación con las diferentes estrategias de desarrollo.

De los datos obtenidos surgen una serie de hipótesis preliminares que parecen dignas de ser profundizadas. Una de ellas está referida a que los datos muestran, dentro de un panorama general de subdesarrollo en América Latina, estrechos vínculos con las tendencias propias de la compleja relación entre industrialización y modernización en los distintos países, de tal manera que algunos, como la Argentina, presentan una mayor dotación relativa de investigadores en relación con su población económicamente activa, pero un marcado déficit de financiamiento (lo que puede ser entendido como un indicador de modernización), en tanto que otros países realizan esfuerzos de inversión en actividades científicas y técnicas (ACT) pero cuentan con mayor debilidad en materia de recursos humanos. Si bien sería aventurado atribuir este mayor esfuerzo relativo en la asignación de recursos a estrategias industrializadoras, ya que ello requeriría un análisis del contenido de las políticas en ciencia y tecnología, lo que excede el propósito de esta investigación, sí puede ser considerado como un indicador preliminar de la centralidad política de la cuestión.

Otras hipótesis insinúan la necesidad de tomar en cuenta muy fuertemente las características y tradiciones de los sistemas de educación superior al analizar el problema de los recursos humanos en ciencia y tecnología, o la importancia de relacionar los indicadores de ciencia y tecnología con indicadores como los de desarrollo social.

## **1. El problema de medir la ciencia y la tecnología**

El desarrollo y la ejecución de políticas de ciencia y tecnología (cyT) se ha ido configurando -como campo formalizado de políticas públicas- en forma crecientemente compleja, siguiendo un proceso acelerado cuyos orígenes los distintos autores coinciden en establecer, cronológicamente, a partir de la Segunda Guerra Mundial.<sup>1</sup> Como

Por ejemplo,

La caída de la bomba sobre Hiroshima en 1945 salvó de la banalidad la aserción corriente de que "el conocimiento es poder". Desde entonces el trabajo de científicos e ingenieros devino un instrumento a ser usado para propósitos nacionales; más específicamente para el fortalecimiento militar, aunque también para el bienestar económico y social, el prestigio intelectual y el liderazgo internacional [...] Por lo tanto, la

consecuencia de esto fue preciso disponer, cada vez más, de información confiable que permitiera evaluar los distintos pasos y efectos de su implementación. La constatación de tal fenómeno de expansión de la ciencia como objeto administrable condujo a numerosos autores, entre los cuales se suele reconocer a Derek de Solía Price como uno de los pioneros, a explorar el campo de las mediciones cuantitativas de las actividades científicas y tecnológicas. En una obra clásica explicaba los propósitos del enfoque que proponía:

Mi acercamiento consistirá en tratar estadísticamente [...] problemas generales relativos al tamaño y la forma de la ciencia y a las normas básicas que rigen el crecimiento y la conducta de la ciencia a gran escala. [...] Considerando la ciencia como una entidad mensurable, intentaré calcular el personal científico, la literatura, el talento y los gastos a escala nacional e internacional.<sup>2</sup>

### 1.1. Hacia una normalización de las estadísticas de CyT

A finales de la década de los sesenta ya era imperioso disponer de estadísticas confiables y comparativas que permitieran medir el esfuerzo y los progresos relativos en este campo, tanto en razón de que la misma ciencia se había convertido en objeto de atención académica y se abría el campo de lo que muchos autores denominaban "ciencia de la ciencia", como por la creciente sofisticación de las instituciones e instrumentos de la política científica y tecnológica. La tarea de normalizar la producción de información estadística y el diseño de indicadores adecuados a este tipo de actividad se convirtió -en el contexto de los países industrializados- en objeto de reflexión de numerosos investigadores, entre los cuales Christopher Freeman fue probablemente el de mayor influencia.

Freeman construía el camino hacia la normalización internacional de los indicadores distinguiendo cuatro niveles de complejidad en los

cantidad y calidad de la actividad científica se transformó en asunto de políticas nacionales y, también, en materia de política (Alexander J. Morin, *Science policy and politics*, New Jersey, Prentice-Hall, 1993).

También: "La noción de *política por la ciencia* se ha impuesto a las grandes potencias durante la segunda guerra mundial, y aún más durante el decenio que la ha seguido [...]", en Spaey, Jacques, et al., *El Desarrollo por la Ciencia*, Madrid, UNESCO y Ministerio de Educación y Ciencia (España), 1970.

<sup>2</sup> De Solía Price, Derek J., *Hacia una ciencia de la ciencia*, Barcelona, Ariel, 1973, p. 24.

procesos a los que ellos deben estar referidos:<sup>3</sup> desde un nivel "micro", fuertemente vinculado a las necesidades de la gestión institucional de la *investigación y desarrollo experimental (I+D)*, hasta un nivel "macro" extendido a nivel nacional e internacional, en el que los requerimientos de normalización adquieren singular relevancia.<sup>4</sup>

Como consecuencia de tales esfuerzos se manifestó, primariamente en el seno de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y algo más tarde en la UNESCO, la voluntad de crear un espacio de normalización de las metodologías de recolección de información y producción de indicadores de I+D. Tras un proceso de negociaciones que incluyó a académicos y expertos de distintas nacionalidades, surgió en 1963 una norma conocida como el *Manual de Frascati*, que uniforma ciertos lineamientos generales para la recolección de información y producción de indicadores de I+D. La OCDE produjo también una serie de manuales complementarios: el *Manual de Oslo* (1992), el *Manual de Patentes* (1994), el *Manual de Balanza Tecnológica de Pagos* (1990) y el *Manual de Canberra* (1995). En 1992 la OCDE propuso, como consecuencia del *Technology Economy Programme (TEP)*<sup>5</sup> una serie de indicadores del impacto de la ciencia y la tecnología sobre los procesos de innovación, la competitividad y el desarrollo económico.

## 1.2. Los indicadores de CyT

Los indicadores de ciencia y tecnología son "unidades cuantitativas de medición de los parámetros que definen el estado y las dinámicas de los sistemas de investigación y tecnología".<sup>6</sup> Dicho de otra manera, son las formas de medir lo que el *Manual de Frascati* deno-

<sup>3</sup> Albornoz, Mario, "Indicadores en Ciencia y Tecnología", *REDES*, NO. 1, Universidad Nacional de Quilmes, septiembre de 1994.

<sup>4</sup> Freeman, Christopher, *Recent Developments in Science and Technology Indicators: a review*, Sussex, SPRU, noviembre de 1982.

<sup>5</sup> OCDE, *TEP. The Technology/Economy Programme. Technology and the Economy. The Key Relationships*, París, 1992. El capítulo 1 fue traducido al castellano y publicado en *REDES*, NO. 6, Universidad Nacional de Quilmes, abril de 1996.

<sup>6</sup> Barré, Rémi y Papón, Pierre, UNESCO *World Science Report - 1993*, París, UNESCO.

mina como "actividades científicas y tecnológicas" (ACT),<sup>7</sup> que comprenden un conjunto articulado alrededor de la I+D.<sup>8</sup>

Los indicadores de ciencia y tecnología se suelen dividir en dos grandes categorías, siguiendo un modelo sistémico bastante simple en el que se reconoce un dejo economicista: *indicadores de insumo (input)* y de *producto o resultado (output)*. Los indicadores de insumo miden los recursos volcados por un determinado país o una determinada región en ACT, tanto desde el punto de vista de los recursos financieros, como de los recursos humanos. Los indicadores de *output* miden las ACT a través de sus productos, como por ejemplo las patentes otorgadas, el estado de la balanza tecnológica de pagos o recuentos bibliométricos. Por su especificidad, dentro del amplio campo de los indicadores de producto o resultado, se distingue a los *indicadores de impacto*, y entre estos últimos, a su vez, se concede un tratamiento diferenciado, a los *indicadores de innovación*.

En la literatura actual sobre el tema de los indicadores -afirma al respecto Isabel Licha- el énfasis es colocado en la construcción de sistemas de medición que permitan rendir cuenta del impacto de la I+D en la competitividad industrial y el crecimiento económico, fundados sobre la premisa de la conversión de la tecnología en uno de los principales determinantes de la competitividad.<sup>9</sup>

### 1.3. Los indicadores de CyT en América Latina

A partir de los años sesenta, la cuestión de la política científica y tecnológica estaba en la agenda tanto de la comunidad académica co-

<sup>7</sup> "Las actividades científicas y tecnológicas comprenden las actividades sistemáticas estrechamente relacionadas con la producción, promoción, difusión y aplicación de los conocimientos científicos y técnicos en todos los campos de la ciencia y la tecnología. Incluyen actividades tales como la investigación científica y el desarrollo experimental (I+D), la enseñanza y formación científica y técnica y los servicios científicos y técnicos (SCT)...". Esta definición fue adoptada por la OCDE en el *Manual de Frascati* sobre la base de la *Recomendación sobre la Normalización Internacional de Estadísticas sobre Ciencia y Tecnología*, París, UNESCO, 1978.

<sup>8</sup> El *Manual de Frascati* define: "La investigación y el desarrollo experimental (I+D) comprende el trabajo creativo llevado a cabo de forma sistemática para incrementar el volumen de los conocimientos humanos, culturales y sociales y el uso de esos conocimientos para derivar nuevas aplicaciones".

<sup>9</sup> Licha, Isabel, "Indicadores de Gestión de la I+D", en Albornoz, Mario y Martínez, Eduardo, *Indicadores de cyt, estado del arte y perspectivas* (edición en preparación).

mo de los gobiernos de América Latina, y en este caso la Argentina no era una excepción. En la génesis de aquel proceso existe consenso en mencionar dos vertientes importantes: la teoría del desarrollo y la influencia de los organismos internacionales. Como consecuencia de la corriente de pensamiento económico inspirada por la CEPAL, las políticas de CyT eran vislumbradas como íntimamente vinculadas con el desarrollo del país. Por su parte, la UNESCO tuvo una gran influencia en la institucionalización del sistema científico y tecnológico público y aportó gran parte de los instrumentos metodológicos utilizados para la promoción de las ACT; entre ellos, los "inventarios del potencial científico y tecnológico".<sup>10</sup> Fue así que en 1969 la flamante SECONACYT argentina se brindó de lleno a la tarea y realizó el primer inventario aplicando la metodología provista por la UNESCO. Numerosos países de la región realizaron relevamientos similares, muchos de ellos con apoyo metodológico y financiamiento de la OEA.<sup>11</sup> Lamentablemente, aquel fervor inicial, que ponía a la región en sintonía con el auge del tema en los países desarrollados, decayó rápidamente. En la Argentina, relevamientos de carácter general, comparables con el primero, se realizaron solamente dos veces más; la última de ellas en 1988.

Desde mediados de los setenta, y a través de la "década perdida" de los ochenta, la mayor parte de los países de América Latina declinó en sus esfuerzos por implementar una política científica y tecnológica. No llama la atención, por consiguiente, que la producción de indicadores de CyT haya sido también descuidada.<sup>12</sup> Por otra parte, en el marco de la sangría producida en la comunidad académica de la mayoría de los países durante los años setenta, y de su lenta recuperación posterior, pocos investigadores prestaron atención a los procesos científicos y tecnológicos en la región. Por ambas razones, no se produjo una importante demanda de información estadística e indica-

<sup>10</sup> *Manual del inventario de potencial científico y tecnológico nacional*, París, UNESCO, 1970.

<sup>11</sup> Véase OEA, *Standards and methods proposed by the 1 session of the Sub-Committee on Statistics of Science and Technology*, Washington DC, 1974, y OEA, *Programa Interamericano de Estadísticas Básicas*, Washington DC, 1978.

<sup>12</sup> Los esfuerzos de recolección de indicadores de CyT en la década de los ochenta en la región se concentraron en GRADE, Perú, con apoyo del BID y del IDRC, y se reflejaron en Sagasti, Francisco y Cook, Cecilia, "Tiempos difíciles: ciencia y tecnología en América Latina durante el decenio de 1980", 2<sup>º</sup> Seminario Jorge Sábato, Madrid, 1986. También en Arregui, Patricia, "Indicadores comparativos de los resultados de la investigación científica y tecnológica en América Latina", Perú, GRADE, 1988.

dores de cyT. En la década actual, las políticas de cyT recuperan cierta atención, en el marco de las preocupaciones que suscitan los procesos de globalización de la economía y la tecnología.<sup>13</sup> Aparecen así nuevas demandas de indicadores de ciencia y tecnología. En el marco de esta nueva dinámica, a fines de 1994 se inició en la Universidad Nacional de Quilmes el proceso que culminó pocos meses después en la creación, por parte del Programa CYTED, de la Red Iberoamericana de Indicadores de CyT (RICYT). En forma relativamente simultánea, la OEA integró un "Grupo de Trabajo Interamericano sobre Indicadores de cyT". Ambas iniciativas convergieron en el desarrollo conjunto del proyecto "Indicadores de Ciencia y Tecnología-Iberoamericanos/Interamericanos", cuyos resultados se presentan en este informe.<sup>14</sup>

## 2. El proyecto de indicadores para Iberoamérica

El proyecto conjunto dio comienzo con una reunión de trabajo realizada en abril de 1995 en la sede de la *National Science Foundation*, en la que se definieron los indicadores a recolectar y la metodología a adoptar. El objetivo allí definido fue contar con una base mínima de indicadores básicos actualizados de ciencia y tecnología en la región.<sup>15</sup> Como objetivo secundario, se procuró fortalecer las es-

<sup>13</sup> En el marco de la globalización de la economía y la creciente competitividad entre naciones y entre empresas, se afirma que entender su posición en diferentes áreas de la ciencia en relación con sus competidores le permite a un país obtener beneficios potenciales a partir de explorar las oportunidades que puedan surgir de aquellas áreas. A pesar de que la identificación de los indicadores más apropiados y de su impacto sobre las decisiones vinculadas a la asignación de recursos sean cuestiones aún abiertas, la necesidad de disponer de indicadores ya no es discutida. Velho, Lea, "Indicadores científicos: aspectos teóricos e metodológicos e impactos na política científica", en Albornoz, Mario y Martínez, Eduardo, *Indicadores de cyT, estado del arte y perspectivas* (edición en preparación).

<sup>14</sup> Este proyecto fue ejecutado por la Unidad de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología del Centro de Estudios e Investigaciones de la Universidad Nacional de Quilmes. En ella se desarrollaba ya el proyecto "Desarrollo de Indicadores de cyT comparativos para América Latina", financiado por esta Universidad. La preparación de la información de que da cuenta este informe fue dirigida por Mario Albornoz, Jennifer Bond y Manuel Mari. Integraron el grupo de investigación Ernesto Fernández Polcuch, Arnaldo Osear Delgado, Viviana Anache, Sonia Quiroga y Carina Spinelli.

<sup>15</sup> A los efectos de este trabajo se denomina "región" al conjunto de los países de América Latina, con el añadido de España, Portugal, los Estados Unidos, Canadá y el Caribe, cubriendo así el espectro correspondiente a los ámbitos del Programa CYTED y la OEA, patrocinadores del proyecto.

tructuras de producción de estadísticas de CyT en los países cuyos sistemas estaban menos desarrollados.

Debido a la precariedad general de la información disponible en los países de América Latina, se optó por definir para esta etapa del trabajo doce indicadores básicos referidos a población, fuerza de trabajo (PEA), producto bruto interno, gasto total en I+D, porcentaje de gasto en I+D con relación al PBI, financiamiento de I+D (porcentaje público y privado), gasto en I+D por sector de ejecución, número de científicos e ingenieros trabajando en I+D (equivalencia de jornada completa), científicos e ingenieros trabajando en I+D como porcentaje de la PEA, egresados universitarios de primer nivel por áreas, doctorados por áreas, y patentes concedidas.

En la primera etapa, que culminó en la publicación del Informe, se contó con información correspondiente a 17 países: 13 latinoamericanos, Estados Unidos, Canadá, España y Portugal. Posteriormente se agregaron Cuba, Perú, Jamaica y Trinidad Tobago, cuyos datos se incluirán en la versión publicada en Internet.<sup>16</sup>

### 3. El "mapa" de la región

Se expone, a continuación, un panorama general de la ciencia y la tecnología en la región, en los términos en los que ha sido definida, sobre la base de los indicadores seleccionados. Para el diseño de este "mapa" se han utilizado exclusivamente los valores correspondientes a 1994 o, en su defecto, el dato más reciente dentro del período.

#### 3.1. Recursos asignados a la I+D

##### a) Gasto total en I+D

Catorce países informaron el gasto total en I+D, configurando un monto de 188.950 millones de u\$s, de los cuales el 89,5% corresponde a los Estados Unidos, Canadá representa el 5%, España el 2,4% y Brasil el 1,2%. Tomando únicamente el conjunto de países latinoamericanos,

<sup>16</sup> Es posible acceder a la información, vía INTERNET, en la siguiente dirección: <http://www.unq.edu.ar/ricyt.htm>.

el 82,7% se concentra en tres países (Brasil, México y la Argentina), mientras que un 16% adicional lo hace en Chile, Colombia y Venezuela. Resalta el hecho de que, mientras que a Chile le corresponde el 3,21% del PBI regional, su participación en el gasto en I+D asciende al 6,63%, en tanto que para Colombia estas cifras son el 3,64% y el 5,67%.

*b) Gasto en I+D como porcentaje del PBI*

El gasto de los Estados Unidos no es solamente el mayor en términos absolutos, sino que le corresponde además el valor más significativo como porcentaje del PBI (2,51%). El de Canadá representa el 1,55% y el de Cuba el 1,43%. El resto de los países invierten en I+D menos del 1%, en un arco que va del 0,93% de España hasta el 0,11% de Costa Rica. Tomando únicamente los países latinoamericanos, se observa que gastan en promedio el 0,45% del PBI en I+D. El mayor valor lo presenta Cuba, y lo sigue Chile, con el 0,76%, según lo adelantado en el punto anterior. También está sobre el promedio Colombia. Brasil presenta una cifra cercana a la media; Bolivia, Venezuela, México y la Argentina se mantienen por encima del 0,3%; Ecuador, Panamá y Costa Rica no alcanzan el 0,2%.

*c) Gasto en I+D, por sector de financiamiento*

Queda muy clara la diferencia que subyace entre los procesos de base del grupo de países latinoamericanos y el resto, ya que en aquellos el financiamiento queda casi exclusivamente a cargo del sector público, en tanto que en estos últimos -con variaciones entre ellos- la participación del sector privado supera el 40%, con el caso límite de los Estados Unidos, que contribuye con el 65% del total del gasto en I+D. Muy distinto es el caso del conjunto latinoamericano, en que el sector privado financia en promedio tan sólo el 17,1% del total. Llama la atención el valor proporcionado por Bolivia, ya que si bien es inferior al 40% que marca el piso del financiamiento privado en los países no latinoamericanos, se aproxima a ese valor (36%).<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Al respecto, la fuente oficial aclara que el alto porcentaje en el sector privado boliviano se debe a la fuerte influencia de los gastos de los organismos no gubernamentales en investigación social principalmente. El gasto que propiamente corresponde a las empresas no pasaría del 5% del total.

*d) Gasto en I+D por sector de ejecución*

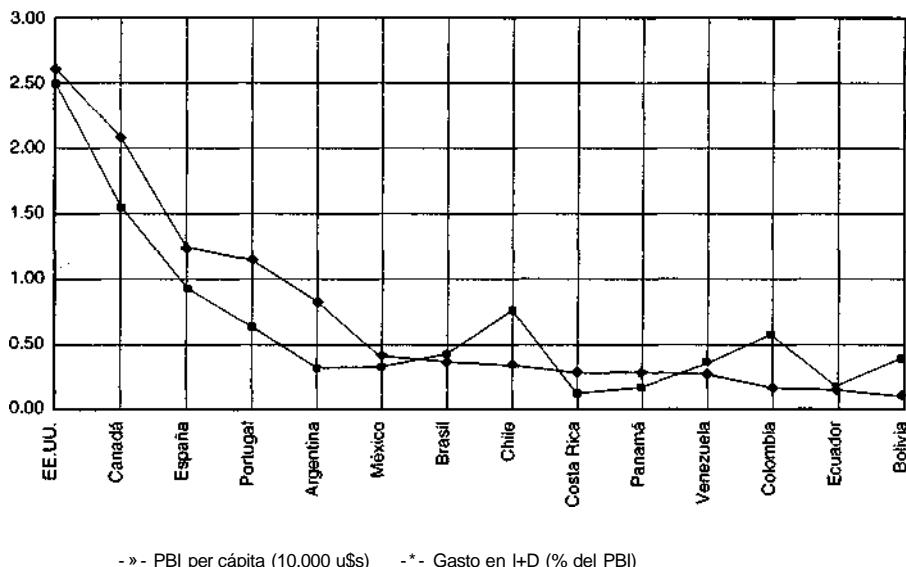
El orden del gasto en I+D por sector de ejecución muestra ciertas analogías con el anterior. En este caso, sólo los Estados Unidos, Canadá y España exhiben valores superiores al 50% para el sector de empresas. Para el conjunto de los países latinoamericanos, el promedio de la participación del sector de empresas en la ejecución del gasto es del 11,1%, en tanto que la del gobierno es del 58,2%, la del sector privado sin fines de lucro del 2,3% y la del sector de educación superior del 28,4%. En cuanto al dato relativo a las empresas, se destaca Venezuela con un 41,5%, si bien la fuente oficial señala que corresponde en su totalidad a empresas del estado. Haciendo la salvedad de que para este indicador se carece de datos del Brasil, sólo dos países además de los señalados presentan valores superiores al 10%: Chile (17,7%) y la Argentina (10,8%). Estos dos países, a los que se suman México y Panamá, son los que exhiben valores más altos en la ejecución del gasto por parte del sistema de educación superior, todos ellos en un rango aproximado al 40%, por encima del promedio del grupo de países grandes (34%).

*e) Relación de los indicadores de gasto*

El Gráfico 1 contrapone la curva del PBI per cápita, con la del Gasto en I+D como porcentaje del PBI (ordenando los países en función del PBI per cápita, desde los 26.200 u\$s de los Estados Unidos hasta los 900 u\$s de Bolivia). El gráfico pone en evidencia que existe una cierta correspondencia entre ambas dimensiones. Los países más ricos son además los que más gastan, en porcentaje, con alguna excepción. Seis países representan en la gráfica puntos más altos en lo relativo al gasto en I+D que en la curva del PBI per cápita (presentado en unidades de 10.000 u\$s). Los casos donde esta modificación de la tendencia es más fuerte son los de Chile y Colombia. Por el contrario, los que presentan un fenómeno inverso más visible son Portugal y la Argentina.

Una explicación que puede parecer obvia es que el primer grupo corresponde a países que desarrollan políticas muy activas tendientes a elevar la inversión en CyT, en vinculación con el proceso de desarrollo de su economía. En los otros dos casos mencionados, no sólo habría que señalar la posibilidad de un retraso en la inversión en I+D, sino que, a nivel de hipótesis, se podría afirmar que el PBI per cápita ofrece valores más altos que los esperables a priori, ya que a veces reflejan no sólo la riqueza sino también la política cambiaria. Esta política conduce, a la vez, a que no estén disponibles los datos correspondientes a Cuba.

Gráfico 1. Esfuerzo relativo en el financiamiento de la I+D, 1994



#### f) Científicos e ingenieros trabajando en I+D

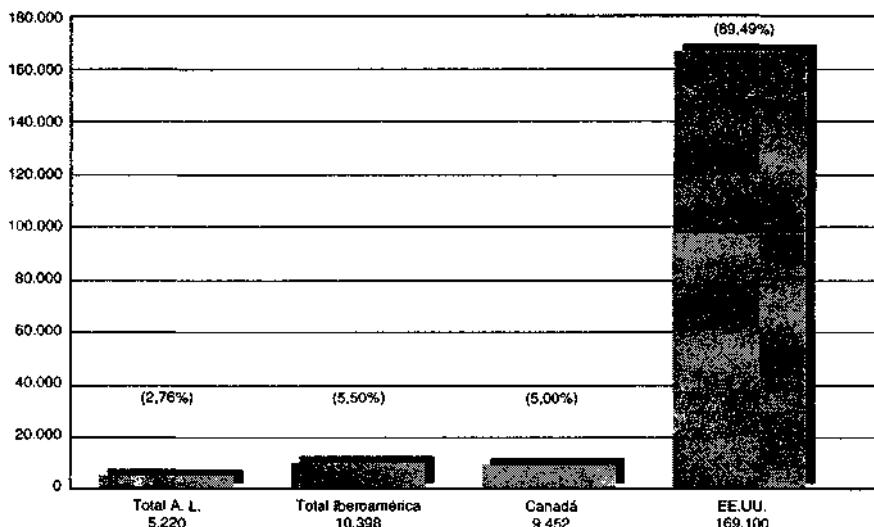
Doce países suministraron datos referidos al número de científicos e ingenieros trabajando en I+D, en equivalencia de jornada completa. El total de la "región" arroja el valor de 1,19 millones. De ellos, el 81% corresponde a los Estados Unidos, el 5,5% a Canadá, el 3,6% a España, el 3% a Brasil, el 2,5% a Cuba y el 1,4% a la Argentina. Así, para el grupo de países latinoamericanos, el total informado corresponde a 105.326 científicos, de los cuales más del 91% corresponde a Brasil, Cuba, la Argentina y México.

Si se relaciona el *stock* de científicos e ingenieros con la población económicamente activa, se obtienen valores que van desde el 0,8% de Cuba y el 0,74% de los Estados Unidos hasta el 0,03% de Ecuador. Canadá tiene un valor de 0,45%, España de 0,28% y tan sólo tres países más superan el 0,1%: Portugal (0,16%), la Argentina (0,12%) y Chile (0,12%). El promedio para el grupo de países latinoamericanos es de 0,16% y si no contáramos a Cuba se reduciría al 0,07%.

g) *Relación entre gasto y recursos humanos*

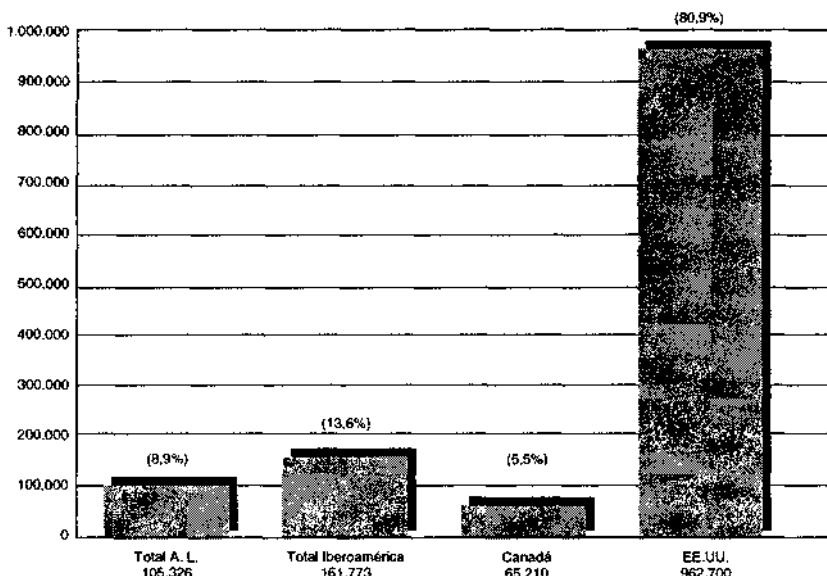
La información proporcionada por los indicadores que se presentaron hasta ahora permite insinuar algunas líneas sobre la base de las cuales profundizar el diagnóstico de la problemática de la cyT. El total del gasto en I+D de la región es de 188.950 millones de u\$s. De ellos, corresponden a los países latinoamericanos 5.220 millones de u\$s (el 2,76%). Si a este valor se le suman los correspondientes a España y Portugal, Iberoamérica representa el 5,5% con 10.398 millones. Canadá, a su vez, representa el 5% con 9.452 millones y los Estados Unidos el 89,49% con 169.100 millones de u\$s (Gráfico 2).

Gráfico 2. Gasto total en I+D por conjuntos de países, en millones de u\$s, 1994



En cuanto a los recursos humanos, el total de científicos e ingenieros dedicados a I+D (en EJC) en la región es de 1.189.683. Corresponde al grupo latinoamericano un total de 105.326 (el 8,85%). Iberoamérica representa un 13,6%, totalizando 161.773. Canadá, a su vez, cuenta con 65.210 científicos e ingenieros (el 5,5%) y los Estados Unidos con 962.700 (80,9%) (Gráfico 3).

Gráfico 3. Científicos e ingenieros dedicados a I+D (Eje), 1994



Vale la pena comparar el desempeño del grupo latinoamericano (y también del iberoamericano) en ambas variables:

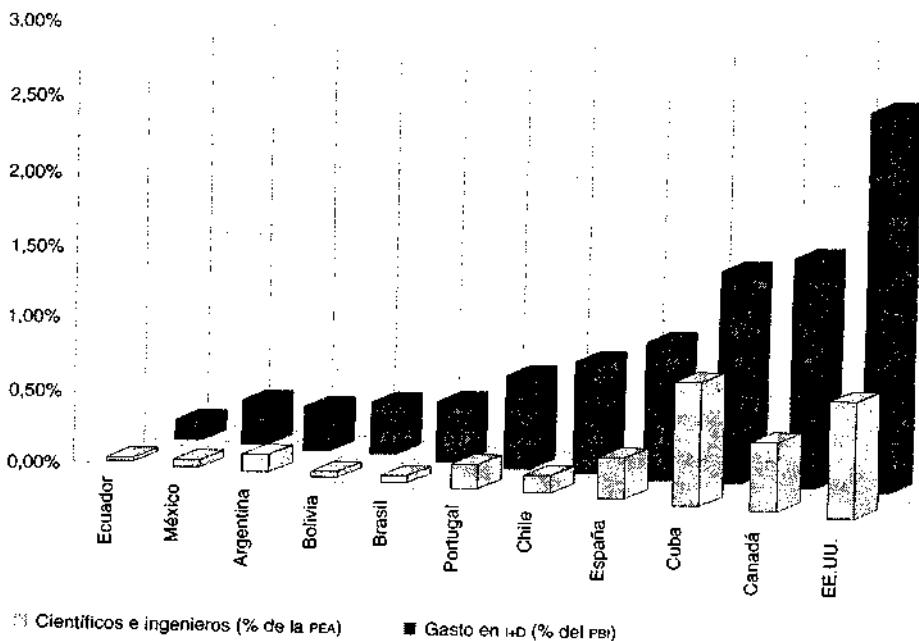
	Grupo latinoamericano	Grupo iberoamericano
Gasto en I+D	2,76%	5,50%
Científicos e ingenieros	8,85%	13,60%

Los porcentajes de recursos humanos más que duplican a los del gasto en I+D, aun teniendo en cuenta que no existen datos disponibles del gasto en I+D correspondiente a Cuba. Esto sugeriría como primera hipótesis plausible (a nivel macro) que *el gasto admitiría ser duplicado* para que la participación sea similar al caso de Canadá. Esta hipótesis no es descabellada si se toma en cuenta que en los países industrializados el porcentaje del gasto que proviene del sector privado supera el

50%, de modo que como segunda hipótesis se podría afirmar que el porcentaje que está faltando es precisamente el de ese origen, más que un déficit del financiamiento del sector público (excepto en algunos países como la Argentina, según se analiza por separado).

El Gráfico 4 presenta en forma superpuesta los datos referidos al número de científicos e ingenieros como porcentaje de la PEA y al gasto en I+D como porcentaje del PBI. La razonabilidad que legitima esta comparación es que ambas expresan el potencial de I+D en relación con las capacidades básicas del país. No es sorprendente, por lo tanto, que en términos generales ambas secuencias tengan una trayectoria relativamente análoga, siguiendo un gradiente que ordena los países en forma decreciente, entre los Estados Unidos y Ecuador. No obstante, hay diferencias significativas en la posición que ocupan ciertos países en ambas curvas. Si el orden se establece en función de los valores del gasto en I+D en relación con el PBI, se observa que Portugal dispone de recursos humanos en relación con su PEA con valores más altos que los que corresponderían a la variable económica. Un fenómeno similar se

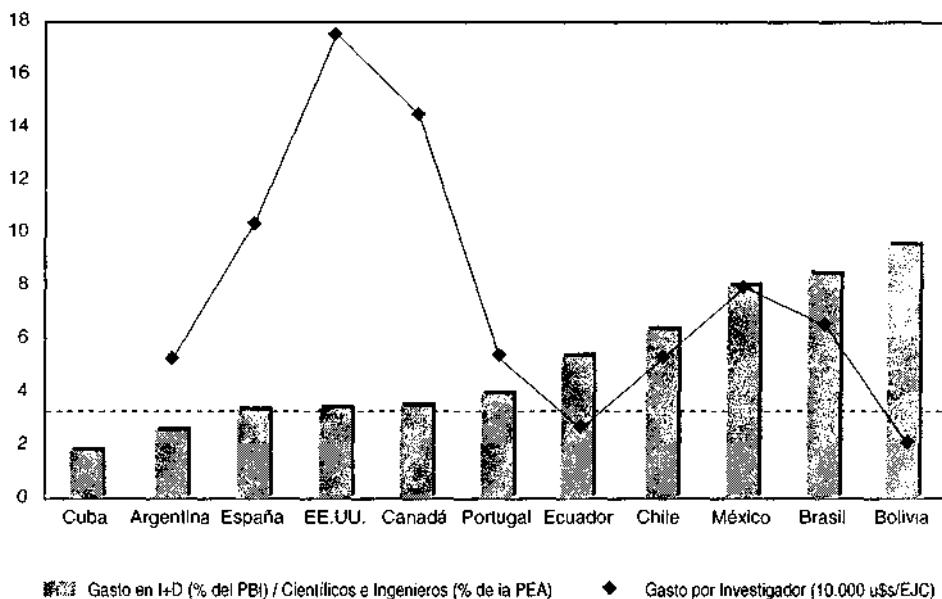
Gráfico 4. Recursos asignados a I+D, 1994



observa para la Argentina. También en forma hipotética se podría aventurar que estos dos países tienen una mayor fortaleza relativa en su dotación de recursos humanos que en la asignación de recursos económicos aplicados a su desempeño. El caso de Cuba merece un análisis por separado que no es objeto del presente trabajo.

El Gráfico 5 insinúa una línea de análisis que debería retinarse y que pese a su discutible rigor metodológico contiene sugerencias con respecto a la especificidad de los procesos que atañen a la cyT en los distintos países en desarrollo. Las barras en este gráfico expresan el cociente entre los dos indicadores presentados en el gráfico anterior. Se observa que los tres países de mayor desarrollo relativo (los Estados Unidos, Canadá y España) ofrecen valores similares; la mayor parte de los restantes países se ordenan en un sentido de la distribución (en un rango que eleva dicho valor hasta el 8,0 para México, 8,4 para Brasil y 9,5 para Bolivia), en tanto que la Argentina y Cuba se ordenan en el sentido opuesto. A simple vista, estas cifras pueden ser interpretadas en el sentido de que el énfasis puesto en la asignación de recursos económicos (en relación con el PBI) empuja hacia un ex-

**Gráfico 5. Relación entre recursos asignados a I+D, 1994**



◆ Gasto en I+D (% del PBI) / Científicos e Ingenieros (% de la PEA)

◆ Gasto por Investigador (10.000 u\$s/E.I.)

tremo de la distribución, en tanto que el predominio en la disponibilidad de recursos humanos (en relación con la PEA) conduce hacia el otro.

Como toda proporción, estos valores no implican magnitudes absolutas sino términos relativos, de modo tal que la diferencia bien podría ser leída en términos de priorización de la inversión financiera, como de deficiencia de recursos humanos. Para desentrañar el sentido que adquiere para cada país el valor correspondiente, el gráfico superpone una línea que expresa los valores de un cociente directo entre la masa de recursos financieros y la masa de personal de I+D (en 10.000 u\$s por investigador). Ella pone en evidencia la diferente significación absoluta de cada valor proporcional, en donde los Estados Unidos alcanza una vez más el valor más alto, con casi 180.000 u\$s por investigador, y Bolivia, que en la comparación de proporciones obtenía el valor más alto, alcanza el valor más bajo de toda la muestra con sólo 20.000 u\$s por investigador.

Si se sustentara la hipótesis de que un país como Brasil presenta tales valores en la relación de ambas magnitudes como resultado de políticas que privilegian la inversión en cyT, no sorprendería el caso de la Argentina (único país, junto con Cuba,<sup>18</sup> por debajo del nivel establecido por los Estados Unidos, Canadá y España) ya que el fenómeno podría ser explicado en términos de que su asignación de recursos financieros está relativamente por debajo a lo que su *stock* de investigadores podría corresponder. Pese a que estas afirmaciones podrían parecer aventuradas, en el fondo se estaría expresando una verdad de perogrullo: que la curva de recursos financieros es más elástica que la de recursos humanos. Para el diseño de sus políticas los países de la región deberían considerar que la asignación presupuestaria puede ser objeto de políticas de corto plazo, en tanto que la ampliación de las capacidades básicas en términos de recursos humanos requiere de la implementación de políticas de largo plazo.

### 3.2. *Datos complementarios*

El conjunto de informaciones que componen este informe se completa con los datos relativos a los egresados universitarios de primer nivel,

<sup>18</sup> Como se señala más arriba, el caso cubano merece una reflexión aparte.

los doctorados y las patentes. Se trata de informaciones cuyo interés teórico se ve muy limitado por circunstancias propias de la región.

*a) Egresados de primer nivel y doctorados*

En el caso de los egresados universitarios y doctorados se debe tener en cuenta la diferencia de tradiciones académicas entre los distintos países de la región latinoamericana. Así por ejemplo la Argentina, cuyo sistema universitario es uno de los más tempranamente consolidados, se ajustó en su desarrollo al modelo europeo de licenciaturas de larga duración y doctorados en campos muy restringidos del conocimiento vinculados intrínsecamente con la formación de científicos. Sólo en los últimos años la Argentina experimenta un crecimiento del sistema de formación cuaternario sin haber consumado una reforma curricular básica. Esto explica que los valores de la Argentina sean bajos y de carácter acumulativo. Otros países, como el Brasil, experimentaron en forma más tardía una explosión de su sistema de educación superior, la que fue canalizada mediante la adopción del sistema anglosajón, estructurado en segmentos. Esto explica el desarrollo amplio y relativamente temprano del nivel del doctorado en este país.

*b) Patentes*

Los datos relativos a patentes muestran una vez más distribuciones similares a las que anteriormente se han examinado, si bien cabe hacer la salvedad de que los criterios de patentamiento en cada país son diferentes y se registran además variaciones sensibles en las series históricas por país.

### 33. Conclusiones

La pintura que los indicadores presentados brindan acerca de las capacidades de I+D en la región muestra algunos rasgos con tonos dominantes. Uno de ellos pone en evidencia la precariedad de los esfuerzos de cyT en los países latinoamericanos. El otro resalta la precariedad de los datos. Este segundo aspecto no puede ser desvinculado del anterior. Si la formulación de políticas que modifiquen la situación básica exige la toma de posición por parte de los gobiernos latinoamericanos, la mejora de la calidad de la información requiere además del concurso de académicos y especialistas en la obtención y procesamiento de la información. Contribuir a tal propósito es el obje-

tivo de quienes han elaborado este informe, con el que esperan se ponga en marcha un esfuerzo regional de largo aliento.

El panorama que acabamos de presentar pone en evidencia las bases endebles sobre las cuales se apoya el quehacer científico-tecnológico en América Latina. Los datos de los Estados Unidos distorsionan cualquier análisis, en razón de que remiten al conjunto de los restantes datos a una posición marginal en cualquier distribución. No se puede obviar, sin embargo, la mención de que estos datos ponen en evidencia que la "brecha" que separa a los países de América Latina de los principales países industrializados, un tema central en las preocupaciones de la política de ciencia y tecnología de la década del sesenta y del setenta, ha adquirido una dimensión tal que resulta imposible seguir tomándola en consideración como objeto de políticas y hace necesario desarrollar nuevos enfoques conceptuales en el marco de la mundialización.

La suma de los recursos de los países iberoamericanos, excluyendo España y Portugal, es escasamente comparable a los de Canadá. Incluyendo a estos dos países, apenas se configura lo que podría ser el potencial de un país desarrollado de tamaño medio, cifra que ocultaría la auténtica atomización de los grupos en la región y las disparidades internas. Esta simple constatación cierra cualquier discusión propia de las décadas de los sesenta y setenta respecto de la posibilidad, aunque sea intelectual, de "cerrar la brecha" que nos separa de los países más avanzados. Simplemente, no es una posibilidad considerable. No obstante, la incorporación de nuestros países en la sociedad del conocimiento implica apuntar a algunos objetivos estratégicos que en cualquier caso requieren de la cooperación internacional.

¿Cómo conformar masas críticas? Para España y Portugal el tema es sencillo, porque pertenecen a Iberoamérica en términos retóricos pero pertenecen a la Unión Europea en la vida real. El crecimiento de la producción científica de ambos países es el reflejo de políticas de homologación a los niveles comunitarios y de aprovechamiento de los mecanismos disponibles. De más está decir que estos mecanismos no existen para América Latina sino en forma muy secundaria. ¿Con quién nos integramos, con quién cooperamos? Nos queda el camino (limitado) de la integración regional y el camino inexplorado de la integración en redes internacionales. Por último, las cifras muestran que no se ha superado aún la etapa de la política científica y tecnológica entendida como política de I+D. La ausencia del sector privado es muy evidente.

#### 4. Advertencias metodológicas y propósitos

Se debe, finalmente, hacer algunas advertencias respecto de la calidad de los datos obtenidos, ya que se han registrado ciertos resultados, a primera vista sorprendentes que, en algunos casos, se explican en razón de:

- a) la *calidad de la información* propiamente dicha y la tradición de cada país en la producción sistemática de estos datos, y
- b) *disparidades metodológicas* para establecer las categorías analíticas.

En cuanto a la *calidad de la información*, ésta fue recabada en su gran mayoría de fuentes secundarias. Esto parece inevitable en la región, pero es un detalle no menor cuando se piensa en la posibilidad de normalización de los datos o en la comparabilidad internacional (en particular con los países de la OCDE, que recolectan la información a través de encuestas periódicas). Aun así, no todos los países pudieron presentar todos los indicadores que les fueron requeridos, lo que puede ser tomado como una señal de que sus sistemas de información están debilitados.

Un ejemplo de las *disparidades metodológicas* es la distinción entre los conceptos de I+D y de ACT. Mientras algunos países (particularmente los de mayor desarrollo relativo) fueron capaces de discriminar los datos correspondientes a la I+D, otros parecen haber utilizado más indiscriminadamente el concepto más amplio de ACT. Otro caso de disparidad metodológica se detectó en los datos referidos a graduados universitarios, por área del conocimiento. Las clasificaciones utilizadas fueron, en muchos casos, incompatibles entre sí. Otro problema registrado en muchos casos fue la dificultad de medir, con alguna precisión, el número de científicos e ingenieros trabajando en I+D, y, consiguientemente, su conversión en equivalencia de jornada completa (EJC).

El apartado anterior no hace más que poner en evidencia la necesidad de continuar sistemática y periódicamente esta investigación, con el objetivo de mejorar la calidad y aumentar la relevancia de la información, así como incorporar nuevos países en el banco de datos. Para poder caracterizar mejor las actividades de ciencia y tecnología de la región, es necesario además ampliar el trabajo con la incorporación de nuevos indicadores que cubran más fases de las ACT. Se debe prestar especial atención a los indicadores de producción científica, que permitan estimar la participación de la región en la producción científica mundial y aproximarse a ciertas mediciones que incorporen criterios de eficiencia. Para ello, se requiere -como trabajo comple-

mentario- un relevamiento y clasificación de las revistas científicas latinoamericanas.

La normalización de la información a nivel regional aparece como un aspecto fundamental. Para avanzar en ella, se ha iniciado un proyecto regional en el marco de la RICYT, coordinado por la UNQ, para procurar una serie de acuerdos metodológicos que mejoren la calidad y comparabilidad de los datos, en el marco de las características propias de los países de la región. Para el caso argentino, se ha presentado a la UNQ un proyecto de investigación cuyo objetivo es el diseño de instrumentos adecuados para la medición del gasto en I+D y los recursos humanos en las universidades. Se trata, por lo tanto, de un desafío abierto, de un punto de partida de un trabajo que redunde en el mejor conocimiento y comprensión de nuestros "sistemas de ciencia y tecnología", básico para la formulación de políticas en el área. •

## Fuentes de datos

- Aguirre B., Carlos; Pozo, Daniel y Terso, Lorena (1992), "Diagnóstico tecnológico actualizado del Sector Industrial Boliviano", La Paz, Ministerio de Planeamiento y Coordinación.
- Ángulo, Carlos y García, Miguel Ángel (1995), *Información Estadística en Ciencia, Tecnología e Innovación*, Madrid, COTEC
- Centre For Science Research And Statistics (1995), *Science and Technology in Russia 1994*, Moscú, CSRS.
- CONACYT, SEP, "Indicadores de actividades científicas y tecnológicas", México, 1993.
- Correa, Carlos (1992), *Indicadores de Ciencia y Tecnología*, Buenos Aires, mimeo.
- European Comission (1994), *The European Report on Science and Technology Indicators 1994*, Luxemburgo.
- Industry Canadá (1995), *Selected Science and Technology Statistics 1994*, Industry Canadá.
- Instituto Nacional de Estadística (1995), *Proyecto de encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas*, Madrid, INE.
- Instituto Nacional de Estadística (1994), *Estadísticas sobre las actividades en investigación científica y desarrollo tecnológico (I+D) 1993*, Madrid, INE.
- Ministerio de Educación y Cultura (1995), MECUCYT-Sase de Datos de Proyectos de Investigación, Montevideo, MEC.
- Ministerio da Ciencia e Tecnología (1996), *Indicadores Nacionais de Ciencia & Tecnología 1990-94*, Brasilia, MCT.
- Ministerio da Ciencia e Tecnología (1994), *Indicadores de cyrno Brasil*, Brasilia, MCT.

- Ministry of Economic Affairs (1994), *Indicators - Science and Technology*, La Haya, MEA - Países Bajos.
- National Science Foundation (1995), *Immigrant Scientists, Engineers, and Technicians 1991-92*, Washington DC, NSF.
- National Science Board (1991), *Science & Engineering Indicators -1991*, Washington DC, NSB.
- National Science Foundation (1992), *Selected Data on Graduate Students and Postdoctorates in Science and Engineering: Fall 1991*, Washington DC, NSF.
- National Science Foundation (1995), *Selected Data on Science and Engineering Doctorate Awards 1994*, Washington DC, NSF.
- Observatoire des Sciences et Techniques (1996), *Science & Technologie Indicateurs*, París, OST.
- OEA (1995), *Boletín Estadístico de la OEA*, Washington DC.
- OECD (1995), *Basic Science and Technology Statistics*, París.
- OECD (1995), *Industry and Technology - Scoreboard of Indicators 1995*, París, OECD.
- OECD (1996), *Main Science and Technology Indicators. 1995 - 2*, París, OECD.
- OECD (1995), *Research and Development Expenditure in Industry. 1973-92*, París, OECD.
- PROACT (1994), *Ciencia e Tecnología no Governo Federal*, Brasilia, Ministério da Ciencia e Tecnología.
- Tellería Geiger, José Luis *et al.* (1996), *Inventario del Potencial Científico y Tecnológico del Sistema Universitario Boliviano*, La Paz, SICYT.
- UNESCO (1996), *Informe Mundial sobre la Ciencia 1996*, París, UNESCO.

## Bibliografía

- Albornoz, Mario, "Indicadores en Ciencia y Tecnología", *REDES*, NO. 1, Universidad Nacional de Quilmes, septiembre de 1994.
- Anandakrishnan, M. y Morita-Lou, Hiroko (1983), *Science and Technology Indicators Oriented Towards Development Objectives*, Nueva York, CSTD, UNO.
- Arregui, Patricia (1988), "Indicadores comparativos de los resultados de la investigación científica y tecnológica en América Latina", Perú, Grade.
- Barré, Rémi (1995), "El uso de indicadores para la formulación de política y estudios prospectivos en Ciencia y Tecnología", Buenos Aires, PIETTE-CONICET.
- Barré, Rémi y Papón, Pierre, "UNESCO 1994, World Science Report -1993", París, UNESCO.
- Coutinho, Luciano y Ferraz, J. C. (coords.) (1994), *Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira*, Brasilia, Editora da UNICAMP, Papirus Editora e Ministério da Ciencia e da Tecnología.
- De Solía Price, Derek J. (1973), *Hacia una ciencia de la ciencia*, Barcelona, Ariel.
- De Solía Price, Derek J. (1983), "Role of Science Indicators in Science Policy Formulation", Primer Seminario Panamericano sobre Métodos Cuantitati-

vos en Política de la Ciencia y en Prospectiva Tecnológica, San José, Costa Rica, CONICIT.

- Freeman, Christopher (1982), *Recent Developments in Science and Technology Indicators: a review*, SPRU.
- Krauskopf, Manuel y Vera, María Inés (1993), "Las revistas latinoamericanas de corriente principal: indicadores y estrategias para su consolidación", en *Interciencia*, vol. 20, No. 3, mayo-junio de 1995.
- Krauskopf, Manuel; Vera, María Inés; Krauskopf, Vania y Welljams-Dorof, A. (1995), "A Citationists Perspective on Science in Latin America and the Caribbean, 1981-1993", en *Scientometrics*, vol. 34, No.1, 1995.
- Licha, Isabel, "Indicadores de gestión de la investigación y desarrollo tecnológico", en Albornoz, Mario y Martínez, Eduardo, *Indicadores de Ciencia y Tecnología, estado del arte y perspectivas* (edición en preparación).
- Licha, Isabel (1994), "Indicadores endógenos de desarrollo científico y tecnológico, y de gestión de la investigación", en Martínez, Eduardo (ed.), *Ciencia, Tecnología y Desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas*, Caracas, UNU-UNESCO-CEPAL-ILPES-CYTED, Nueva Sociedad.
- Morin, Alexander J. (1993), *Science Policy and Politics*, New Jersey, Prentice-Hall.
- Morita-Lou, Hiroko (ed.) (1985), *Science and Technology Indicators for Development*, Boulder, Westview Press.
- OCDE (1996), "Propuesta de norma práctica para encuestas de I+D - *Manual de Frascati 1993*", mimeo, Madrid, Secretaría General del Plan Nacional de I+D.
- OEA (1974), "Standards and Methods Proposed by the I Session of the Sub-Committee on Statistics of Science and Technology", OEA, Washington DC.
- OEA (1978), "Programa Interamericano de Estadísticas Básicas", Washington DC, OEA.
- OECD (1992), *Technology and the Economy. The Key Relationships*, París, OECD.
- OECD (1995), *Manual on the Measurement of Human Resources Devoted to S&T - Canberra Manual*, París, OECD.
- OECD (1992), *OECD Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data - Oslo Manual*, París, OECD.
- OECD (1990), *Proposed Standard Method of Compiling and Interpreting Technology Balance of Payments Data - TBP Manual*, París, OECD.
- OECD (1994), *Using Patent Data as Science and Technology Indicators - Patent Manual*, París, OECD.
- Sagasti, Francisco R. y Cook, Cecilia (1986), "Tiempos difíciles: Ciencia y Tecnología en América Latina durante el decenio de 1980", 2<sup>B</sup> Seminario Jorge Sábato, Madrid, 1986.
- Spaey, Jacques *et al.* (1970), *El desarrollo por la ciencia*, Madrid, UNESCO y Ministerio de Educación y Ciencia (España).
- UNCTAD (1991), *Los indicadores tecnológicos y los países en desarrollo*, Ginebra, UNCTAD.

- UNESCO (1984), *Manual de estadísticas sobre las actividades científicas y tecnológicas*, París, UNESCO.
- UNESCO; "Manual del inventario de potencial científico y tecnológico nacional", París, UNESCO, 1970.
- Velho, Lea, "Indicadores científicos: aspectos teóricos e metodológicos e impactos na política científica", en Albornoz, Mario y Martínez, Eduardo, *Indicadores de Ciencia y Tecnología, estado del arte y perspectivas* (edición en preparación).
- Velho, Lea (1994), "Indicadores científicos: aspectos teóricos y metodológicos", en Martínez, Eduardo (ed.), *Ciencia, tecnología y desarrollo: interrelaciones teóricas y metodológicas*, Caracas, UNU-UNESCO-CEPAL-ILPES-CYTED, Nueva Sociedad.