

4. INDICADORES DE INNOVACIÓN PARA PAÍSES EN DESARROLLO

Sandra N. Brisolla*

ABSTRACT: *Innovation indicators for less developed countries*

¿Is it theoretically possible to develop formulae that may reflect a multifaceted reality characterized by innumerable correlated variables conditioning a complex texture of interrelationships unpredictable as to their results? ¿Is the construction of indicators a worthwhile activity? The author raises these initial questions and maintains that the measurement of S&T activities should not be disregarded because of the difficulties encountered in quantifying them. Such attitude is equivalent to giving up any possibility of analysis. The construction of indicators, however, should start from recognizing specificities that differentiate science from technology, and also from the particular reality they intend to reflect.

If the purpose is, moreover, to develop an Iberoamerican system of information on S&T, two basic issues should be taken into account: a) in scientific and technological activities results are not proportional to the invested resources, and the investment involved, therefore, hardly competes with the urge for solutions tending to level social inequalities; b) the role assigned to the S&T system and the innovation system in these countries, where scientific activity is not closely linked to technical advance because the technological matrix assumed has been created in response to needs imposed by the Fordist model prevailing in central countries. Particularly, it is necessary to create from the very beginning innovation indicators having as core purpose a system that may identify obstacles opposed to innovation dynamics (but maintaining, nevertheless, other traditional variables for the survey of S&T activities).

The author analyzes in detail the systematization of innovation indicators proposed in the Oslo Manual, and reviews existing contributions to the construction of indicators that reflect specific characteristics of technical advance in less developed countries. First, she highlights the UNCTAD (1991) approach, which suggested the analysis of economy variables in order to reflect technological advance through impact

* Profesora e investigadora del Departamento de Política Científica y Tecnológica de la Universidad Estatal de Campinas (UNICAMP), Campinas, Brasil.

indicators, and the analysis of institutional variables that provide the fundamental elements for the establishment of a new technological paradigm. Second, she refers to Konrad and Wahl (1990) studies, where indicators having three different objectives were developed: a) indicators apt to identify the technological potential of the involved countries; b) indicators apt to detect the ability to generate such potential; and c) indicators to analyze the ability to incorporate scientific knowledge and technological solutions by transforming them into social and economical innovations.

The application of social and economical indicators in less developed countries so as to measure the impact of S&T activities on technological innovation seems extremely effective for analytical studies: results might be richer and much more accurate if such indirect analysis is associated to indicators directly derived from a selective collection of information, and linked to a representative sample of the industry in the countries involved.



I. INDICADORES: ¿TENER O NO TENER?

El primer tema que surge en la discusión sobre la conveniencia de emprender esfuerzos para la construcción de indicadores científicos, tecnológicos y de innovación en Iberoamérica es de carácter filosófico más general: ¿será posible construir indicadores que reflejen con algún nivel de autenticidad la realidad que se supone que representan? ¿Es teóricamente concebible la construcción de fórmulas capaces de reflejar una realidad multifacética, en la que innumerables variables correlacionadas condicionan una trama compleja de interrelaciones de resultado imprevisible? Esta cuestión es semejante a la que Keynes observa en relación con el cálculo económico: más que considerar la complejidad del cálculo empresarial, en que el empresario en sus decisiones debe tomar en cuenta las respuestas de cada competidor y de cada cliente, Keynes señala la imposibilidad de que un agente económico pueda prever todas las posibilidades de la evolución del mercado. En este sentido, la incertidumbre keynesiana es entendida como estructural, integrando la lógica del sistema. De igual forma, se puede discutir si existe viabilidad en la construcción de indicadores de las actividades científicas y tecnológicas; si es posible imaginar variables suficientemente ricas en precisión para representar el fenómeno social más am-

plio del desarrollo científico, del progreso tecnológico y de la introducción de innovaciones.

La segunda cuestión es más práctica y no difiere totalmente de la anterior. Se trata de saber si vale la pena construir indicadores. Si, en la etapa en que nos encontramos de desarrollo de las herramientas estadísticas y de recolección de datos, se puede esperar obtener un conjunto de determinaciones capaces de responder a los anhelos de los planificadores y ejecutores de la política, y también a aquéllos que se dedican a realizar la crítica y la reflexión acerca de la política científica y tecnológica. En otras palabras, los indicadores posibles hoy, ¿desempeñan realmente su papel de "indicar" el sentido del desarrollo científico y tecnológico?

Este artificio no sería necesario si las actividades científicas y las tecnológicas fueran inmediatamente mensurables. *"Las formas de ofrecer información indirecta sobre los fenómenos o sucesos a los cuales se aplica son 'indicadores', o sea, parámetros que brindan nociones aproximadas del concepto que queremos evaluar"* (Davyt, 1996: 5). La inconmensurabilidad, a su vez, deviene del carácter no material del producto de esas actividades: *"El producto de la ciencia es el conocimiento, que resulta suficientemente intangible y por lo tanto difícil de apreciar"* (Morita-Lou, 1985, 11).

Para comenzar, la marcada diferencia entre actividades científicas y actividades tecnológicas hace necesaria la construcción de indicadores de tipo muy diverso. En tanto que el producto de la ciencia está constituido básicamente por publicaciones, las actividades tecnológicas devienen generalmente en patentes, prototipos y plantas piloto. Pero la relación entre ciencia y tecnología se ha tornado paulatinamente más compleja, de manera tal que los límites entre una y otra actividad se van transformando en una zona gris. Esto no significa que no posean sus propias especificidades, cada una de ellas con su lógica propia y su forma de expresión totalmente distinta, lo cual exige indicadores bien diferentes.

Pero así como los keynesianos no dejan de considerar indicadores como la tasa de interés en sus análisis, despreciar la posibilidad de tener acceso a algunas medidas del volumen de la actividad C&T, sólo porque resultan de difícil cuantificación, equivale a renunciar a la posibilidad de realizar cualquier análisis. Donde más avanzó el intento de medir y comparar resultados fue, precisamente, en relación con la actividad científica.

El desarrollo de la cientometría señala qué aspectos cualitativos pueden ser cuantificados. Aunque la interpretación del conteo de *papers* y citas sea problemática, el tratamiento estadístico de esta información ha demostrado que se pueden producir estudios interesantes. Pese a que los indicadores no puedan ser considerados medidas precisas del nivel de capacitación científica, permiten análisis comparativos y la producción de series temporales y dan un panorama general tan válido como las premisas que le sirven de sustento. Si existen problemas, se deben principalmente a su utilización errónea o a su uso fuera del contexto para el cual fueron producidos.

Es así como se cuestiona el uso exclusivo del *Science Citation Index* (SCI) como fuente de información para medir la producción científica en países dependientes. En América Latina, no pocos trabajos de especialistas critican esa fuente debido al excesivo contenido de publicaciones anglófonas y de países del primer mundo y la sub-representación de revistas de países dependientes. De igual manera, la utilización de patentes como medida de producción tecnológica es cuestionable también en los países de Latinoamérica, donde buena parte de la producción tecnológica no se registra oficialmente.

De estas consideraciones se puede deducir que los indicadores deben ser diseñados específicamente para la realidad que pretenden reflejar. *“Además de reconocer como relativamente claras las diferencias entre la situación de los países centrales y los periféricos, se debe remarcar el hecho de que los indicadores de C&T no son neutros pues asumen una serie de factores y condiciones que los rodean”* (Davyt, 1996, 22).

II. INDICADORES PARA LA INTEGRACIÓN

Si existe consenso en que hay que tener un sistema propio de referencias para poder contar con un conjunto de indicadores eficientes, con el doble propósito de auxiliar a las políticas y permitir una reflexión sobre ellas, entonces de lo que se trata es de construir ese grupo de variables específicas. Con esa finalidad, el primer paso consiste, sin duda alguna, en alcanzar una comprensión de las características comunes a los países iberoamericanos y de aquello que resulta ser específico en cada país en relación con la capacitación científica y tecnológica.

Dos puntos merecen destacarse cuando se habla de construcción de un sistema iberoamericano de informaciones sobre ciencia y tecnolo-

gía. El primero hace referencia a la naturaleza específica de la actividad científica y tecnológica. Ésta es una actividad de alto riesgo, donde la inversión realizada no tiene un retorno asegurado y, por tanto, no hay proporcionalidad entre los resultados obtenidos y el volumen de los recursos invertidos. En países donde el modelo tecnológico se fundamenta en la importación de tecnología, el retorno de la inversión en C&T es aún más dudoso. De esta suerte, las inversiones en el sector, de largo plazo de maduración, difícilmente compiten con la urgencia de las soluciones necesarias para reducir la desigualdad social. Éste es un desafío a enfrentar por aquéllos que están interesados en concebir un espacio para la discusión sobre el futuro, en circunstancias en que la realidad social exige la concentración de recursos humanos y materiales para enfrentar los apremiantes problemas cotidianos. La ironía está en que la aplicación de nuevas tecnologías es la que va a permitir la superación de las dificultades en las diferentes áreas sociales *con mayor productividad*; por tanto, a menores costos. Es entonces más necesario *poner en evidencia* ante la sociedad y los organismos públicos la importancia de la actividad científica y tecnológica para reducir el costo del rescate de la deuda social acumulada en esos países.

El otro punto a tocar es más estructural y se refiere a la diferencia existente entre el papel del sistema científico y tecnológico y del propio sistema de innovación en los países centrales y en los países de la región. El carácter horizontal de las actividades científicas y tecnológicas hace que atraviesen a todas las demás. Dicha característica no resulta problemática en países donde la relación histórica entre la ciencia y su aplicación en la producción industrial se da de manera mucho más previsible, pero posee un efecto perverso en los países de la región, donde la dinámica de la actividad científica está bastante divorciada del progreso técnico. Tanto la ciencia como la tecnología tienen como referencia el cuadro internacional: la ciencia iberoamericana establece un diálogo con sus pares de los países centrales, generalmente en inglés y siempre que resulte posible a través de vehículos —revistas o reuniones científicas— originados u organizados en los países del Primer Mundo; la innovación también se hace sobre la base del estado del arte de la tecnología internacional, con escasa influencia del desarrollo interno de nuevos productos y procesos. Este desencuentro tiene su origen en el estilo de desarrollo de los países de la región, caracterizado por la adopción de una matriz tecnológica creada para responder a las

necesidades del modelo fordista en los países centrales. Esa industrialización “trunca” en América Latina, tan bien analizada por el economista de la CEPAL Fernando Fajnzilber, que acuñó la expresión, significó la imposición de un patrón de producción y consumo característicos de economías maduras —donde el problema de la satisfacción de las primeras necesidades estaba superado— a economías altamente dependientes y con graves problemas sociales. Dicho proceso se vio igualmente acompañado por una deformación en la capacitación científica y tecnológica (*ver* Fajnzilber, 1983, C. 3).

La necesidad de extender el ciclo de vida de sus tecnologías maduras —que llevó a las empresas multinacionales a una estrategia de obsolescencia planificada para recuperar los costos de I+D, vía difusión tecnológica a través de la penetración de nuevos mercados— produjo un ciclo de inversiones en el Tercer Mundo durante las décadas del cincuenta al setenta. En los ochenta, esa tendencia fue revertida a favor de un crecimiento endógeno en los principales países capitalistas centrales. El flujo de inversiones a los países en desarrollo cayó del 25% entre 1980-1984 al 19% del flujo mundial entre 1985-1989, a pesar del incremento del flujo en términos absolutos. La porción destinada a América Latina y el Caribe decayó del 12% al 7% del flujo mundial. Tres cuartas partes del total dirigido al Tercer Mundo se concentra en diez países, entre ellos Brasil, con el 12% de la inversión realizada en los países en desarrollo (*ver* OCDE, 1992).

En la industrialización de los países latinoamericanos, el Estado actúa principalmente en los casos en que la inversión requerida es muy grande para el empresariado local y en los casos en que las empresas extranjeras no demuestran interés. Prevalece una actitud general de aversión al riesgo, lo que constituye un impedimento para la innovación.

Siendo el Estado un actor importante en el desarrollo económico de esos países, se puede explicar el mayor éxito relativo en el uso de la tecnología por parte de algunos de ellos a través del examen de las políticas gubernamentales.

Aun en sus formas clásicas, fue fundamental el papel del Estado en la industrialización tardía de los países dependientes. De este modo, la conciencia de que las habilidades manuales se tornan menos importantes que la educación formal en la adecuación del trabajador a las nuevas tecnologías, se tradujo en políticas educacionales agresivas en

algunos países asiáticos. Esto sólo puede lograrse a través de la inversión pública. La presente crisis que vive el Estado tiene, por consiguiente, un efecto en extremo negativo sobre la dinámica del desarrollo de los países dependientes.

III. INDICADORES DE LA ACTUALIDAD

No sólo entre nosotros sino también en los países centrales, ha sido cuestionada la utilidad que los indicadores de ciencia y tecnología poseen como instrumento de análisis y corrección de políticas para la superación de la crisis. Esta preocupación estimuló la iniciativa de la OCDE y de la red NESTI (*Net of Experts on Science and Technology Indicators*) tanto para el lanzamiento del Manual Oslo —destinado a “medir” resultados tecnológicos— como para la discusión detallada acerca de la construcción de indicadores de innovación en el Simposio Internacional realizado en Australia en 1994, cuyo título fue “*Measuring Research and Innovation for Policy Purposes*”.

Esta nueva postura de los especialistas internacionales del área refuerza la necesidad de introducir desde el comienzo los indicadores de innovación en la construcción de indicadores adecuados para la identificación del sistema iberoamericano de ciencia y tecnología. En el caso de esos países, la cuestión se plantea con mucho mayor fuerza, teniendo en vista la tenue relación que se establece entre producción científica y aplicación tecnológica. De manera contradictoria, es también en esos países donde se encuentran las mayores dificultades para establecer indicadores específicos para el sector productivo, debido a su costo y a la mayor resistencia por parte de la clase empresarial a proveer estadísticas, que en los países centrales, donde muchas de ellas son de dominio público.

Esta actitud refleja la distancia que existe entre el sector empresarial y el medio académico, cuya relación en los países centrales se volvió más estrecha debido al gran dinamismo industrial en el período de posguerra. La tipología establecida por Michel Callon identifica, entre las redes relativas a innovación, redes convergentes, dispersas o integradas, largas, cortas o incompletas. Cuando las redes son fuertemente convergentes (caso de los países industriales líderes) hay una estrecha unión entre los diferentes actores. La coordinación puede ser altamente formalizada. Cualquier actor dentro de la red —investigador, inge-

niero, vendedor, usuario— puede movilizar todas las capacidades dentro de la red sin tener que efectuar adaptaciones, traducciones o decodificaciones dispendiosas. En las redes dispersas (es el caso de los países dependientes), las relaciones entre los actores tienen una baja densidad, las conversiones de la ciencia hacia la tecnología no están aún asentadas de manera consistente, y es difícil para un actor movilizar el resto de la red. Las redes largas son inusuales: van ininterrumpidamente de la investigación básica hacia los usuarios. *Los eslabones faltantes en las redes cortas son de carácter estructural*. Cuando esos lazos están más desarrollados, se habla de red encadenada (cf. Callon *et al.* 1990). La cuestión de encadenar las redes relativas a la innovación constituye un desafío que se abre para la capacitación tecnológica de los países dependientes. Y para esa finalidad, los indicadores serán una herramienta importante para situar los problemas que se plantean para la construcción de ese tejido innovador.

Se trata, por tanto, de partir del nivel actual del debate en los trabajos desarrollados por varios países en la construcción de indicadores. Se establece como objetivo central la creación de un sistema de indicadores que apunten, desde el principio, a la identificación de los obstáculos interpuestos a la dinámica de la innovación. No obstante, ello no significa que no se deba proceder a recabar informaciones relativas al comportamiento de las variables tradicionalmente representativas de la dinámica científica y tecnológica de esos países. Significa, simplemente, que éstas deben ser acompañadas por un intento de reunir informaciones relativas a variables que posibiliten detectar iniciativas de innovación junto a los agentes de la producción.

En este sentido, la misión relativa a la construcción de indicadores constituye el primer paso para despertar la conciencia de los responsables de la política C&T y por la política *tout court* para las características del sector C&T en la región. Esto ya se está dando en el intento de construcción de indicadores comparables a nivel internacional, con la utilización de conceptos comunes a aquellos desarrollados en las estadísticas relativas al sector por los países avanzados. Pero, ese esfuerzo deberá restringirse a algunas variables clave que permitan esbozar una primera base común de estadísticas para Iberoamérica. En consecuencia, ya está siendo compilada por la RICYT-CYTED la información relativa a no más de una docena de indicadores de los países miembros, que permi-

tirá bosquejar un primer cuadro comparativo y global de la situación de la política científica y tecnológica en la región.

Las mayores dificultades de medición se encuentran en las variables que representan el impacto de la inversión en C&T sobre la actividad económica. Surge con la misma urgencia la dificultad de conciliar la escasa disponibilidad de recursos de los países de Iberoamérica con la necesidad de contar con información actualizada para que se pueda planificar la política científica y tecnológica.

El hecho de que la tecnología tenga cada vez más un carácter no material y se exprese de manera creciente en bienes no tangibles, en capacitación y en *know-how* no incorporado en equipos, incrementa la dificultad de su medición:

“La tecnología, que se define en términos amplios como una aplicación del conocimiento para producir bienes y servicios, incluye la interacción dinámica de habilidades humanas, activos físicos y una estructura organizacional e institucional. Es un tipo de información de alto costo de producción pero de un costo de transferencia virtualmente nulo. El conocimiento tecnológico es tácito, muchas veces no puede ser codificado en forma de instrucciones, y la mayoría de las veces es específico de empresas, productos y procesos muy delimitados. La tecnología comprende un aspecto fundamental de aprendizaje caracterizado por variados grados de oportunidad, apropiabilidad y acumulatividad.” ... “La oportunidad depende del alcance de las posibilidades tecnológicas y de la facilidad con que el progreso técnico pueda alcanzarse con determinado esfuerzo. La apropiabilidad está determinada por la capacidad de las empresas en internalizar los beneficios económicos, lo que se ve influenciado por las curvas de aprendizaje, tiempo de introducción de una nueva tecnología y la protección de la propiedad industrial. La acumulatividad hace referencia al avance principalmente incremental de la base tecnológica” (Nelson & Winter, 1982, in Michalet, 1991).

Las tecnologías difícilmente se prestan para ser medidas con precisión aun en los países donde su producción es asegurada por la interacción del sistema científico con los departamentos de I+D de las empresas:

“Los indicadores apenas miden aspectos y no el contenido completo de las tecnologías. Pueden incluir elementos de ciencia y tecnología,

tales como recursos humanos, activos físicos, estructuras organizacionales o la situación económica y la estructura legal, pero no cubren la totalidad del concepto de tecnología" (UNCTAD).

Esta dificultad se ve acrecentada con la tendencia actual de que la tecnología se vea cada vez más desprovista de su forma material. Trátándose de un conocimiento, su adquisición como mercancía que puede ser comercializada abarca mayores dificultades que las existentes en la compra de tecnología incorporada en equipos. Su transferencia hacia otros países exige modificaciones del entorno social inmediato (que incluye la capacitación del personal de la empresa que compra esa tecnología) y también de las condiciones socioculturales a nivel general, lo que muchas veces incluye acciones dirigidas por el Estado para esa finalidad por un tiempo considerable.

Finalmente, la tecnología constituye un fenómeno social. En el capitalismo, es apropiada privadamente, de una manera socialmente determinada. En algunas sociedades ello ocurre principalmente a través de la adquisición de patentes. Pero al lidiar con indicadores en los países dependientes es fácil percibir el bajo poder explicativo de las patentes en relación con las iniciativas de innovación. Siendo un fenómeno social, la tecnología establece relaciones complejas con el medio donde es puesta en funcionamiento.

Además de la dificultad de recabar estadísticas en las empresas, debido a la dispersión de la información y al control sobre la misma, existe un problema adicional:

"Es difícil especificar las definiciones operacionales que constituirán el indicador representativo de determinado fenómeno. Por ejemplo, ¿cómo deberíamos contar el número de científicos e ingenieros? ¿Por la obtención del título formal o por la actividad que ejercen efectivamente? ¿En qué sentido las patentes reflejan tasas de innovación tecnológica?" (UNCTAD, 1991).

Para lograr el objetivo de construir indicadores como herramienta política, los esfuerzos deben dirigirse a aprehender los mecanismos a través de los cuales la ciencia iberoamericana puede servir a la superación de las dificultades del desarrollo, encaminando hacia las transformaciones tecnológicas necesarias para la inserción de estos países en el escenario competitivo internacional.

IV. INDICADORES DE INNOVACIÓN

El desafío de construir indicadores de innovación refleja la preocupación de los especialistas de todo el mundo en la búsqueda de instrumentos eficaces para dirigir la política C&T hacia los resultados deseables desde la perspectiva económica, social y cultural. Como fue comentado anteriormente, dicha preocupación es todavía más acentuada en los países en desarrollo, donde, de manera reconocida, la distancia entre los objetivos de la política y los resultados alcanzados acostumbra ser bastante mayor.

En los países en desarrollo el progreso técnico aparece como un factor externo, y el subdesarrollo de las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad también da por resultado una deficiencia de los datos estadísticos, principalmente aquellos relacionados con el impacto de la ciencia y de la tecnología sobre la sociedad (Konrad y Wahl, 1990). Pero, es precisamente en estos países, donde la escasez de recursos presiona por una mayor productividad de las inversiones públicas, que se vuelve más necesario obtener indicadores confiables en relación con los agentes causantes de la innovación. En la literatura se diferencia entre el potencial científico y tecnológico de una sociedad —por tanto, su capacidad de generar ciencia y tecnología— y su capacidad de recibir y absorber soluciones de C&T originadas en el país, o adquirirlas a través de la transferencia de tecnología y su transformación en innovaciones sociales y económicas (Konrad y Wahl, 1990).

En los países desarrollados, los indicadores de innovación están sistematizados en el Manual de Oslo. Dicho Manual comprende la innovación industrial y tecnológica —no abarca transformaciones organizacionales— y describe investigaciones de innovación a nivel de empresas. La base teórica del Manual de Oslo parte de Schumpeter, que distingue cinco (5) tipos de innovación:

- 1) la introducción de un nuevo producto;
- 2) la introducción de un nuevo método de producción;
- 3) la apertura de un nuevo mercado;
- 4) la conquista de una nueva fuente generadora de materias primas o productos semimanufacturados;
- 5) la reorganización de una industria.

A su vez, la innovación de producto puede ser:

- *una importante innovación de producto*. Puede abarcar tecnologías radicalmente nuevas o combinar tecnologías en uso;
- *innovación incremental de producto*. Mejora del desempeño de productos ya existentes.

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

El Manual de Oslo define las siguientes actividades innovadoras:

- 1) *Investigación y desarrollo experimental* - trabajo creativo hecho sobre base sistemática para aumentar el *stock* de conocimientos y su uso para nuevas aplicaciones. Dentro del desarrollo experimental, además, se distingue la construcción y puesta a prueba de un prototipo, un modelo original que incluye todas las características técnicas y de desempeño de un nuevo producto o proceso.
- 2) *Ingeniería industrial* - adquisición y modificación de máquinas, instrumentos y procedimientos de control de calidad, métodos y patrones.
- 3) *Inicio de la manufactura* - incluye modificaciones en el proceso y en el producto, entrenamiento de personal y test de producción, nuevo proyecto e ingeniería.
- 4) *Marketing de nuevos productos* - actividades relacionadas con el lanzamiento de nuevos productos al mercado, incluyendo pruebas de mercado y adaptación del producto a nuevos mercados. No incluye construcción de redes de distribución de los nuevos productos.
- 5) *Adquisición de tecnología no incorporada en bienes* - en la forma de patentes, inventos sin patentes, licencias, *know-how*, marcas, proyectos, modelos y servicios con contenido tecnológico.
- 6) *Adquisición de tecnología incorporada en máquinas y equipos* - con contenido tecnológico.
- 7) *Proyecto* - parte esencial de la actividad de innovación: traduce los planos y diseños en definición de procedimientos, especificaciones técnicas y otros datos operacionales necesarios para la concepción, el desarrollo, la manufactura y el *marketing* de nuevos productos y procesos.

No todas las actividades innovativas resultan en innovaciones reales. Parte de la investigación básica y tecnológica general no puede ser atribuida a algún proyecto específico de innovación. Por otro lado, al-

gunos proyectos de innovación son malogrados, a pesar de haber comprendido anteriormente actividades innovadoras. Es natural enfrentar todas las innovaciones reales como resultado del conjunto de las actividades innovadoras de la empresa.

Para producir indicadores de innovación, el Manual propone partir de sus objetivos. Describe las siguientes razones de la actividad innovadora:

1. Objetivos tecnológicos:

- desarrollar productos radicalmente nuevos que originarán nuevos mercados;
- imitar líderes innovadores;
- adaptar tecnologías ya desarrolladas para las necesidades de la empresa;
- crear desarrollos incrementales en técnicas existentes;
- modificar los métodos de producción de productos existentes.

2. Objetivos económicos de la empresa:

- Innovaciones de producto: I) substituir productos en progresivo desuso; II) extender el uso de productos dentro del mismo campo y fuera del campo principal de uso del producto; III) mantener la participación en el mercado, y IV) abrir nuevos mercados en el exterior y para nuevos estratos del mercado interno.
- Innovaciones de proceso: I) aumentar la flexibilidad de la producción; II) reducir los costos de producción a través de la reducción de la incidencia de los salarios en el costo, de la disminución en el consumo de materias primas, de la reducción en el consumo de energía, de la reducción de la tasa de rechazo de los productos, o de reducción en los costos de proyecto del producto; III) mejoría en las condiciones de trabajo, y IV) reducir el efecto negativo sobre el medio ambiente.

En segundo lugar, el Manual de Oslo enumera los condicionantes positivos y negativos de la innovación.

- ### 1. Entre los factores que favorecen la innovación, son fuentes de ideas innovadoras:

- a) *fuentes internas*: la administración superior, la I+D interna a la empresa, el *marketing*, la producción, los esquemas internos de incentivo, el monitoreo del desarrollo tecnológico y el personal con calificaciones específicas.
 - b) *fuentes externas*: programas públicos de apoyo a la innovación; contratos gubernamentales; ferias, exhibiciones, encuentros; situación competitiva; compra de tecnología incorporada; adquisición de tecnología no incorporada; cursos de capacitación; cooperación con los clientes; cooperación con consultores; cooperación con subcontratistas; cooperación con otras empresas; cooperación con universidades; cooperación con institutos de investigación; literatura científica o técnica, patentes; literatura comercial (de competidores) y, legislación, normas, regulaciones, patrones, tributación.
2. Entre los factores que contribuyen para el éxito de proyectos innovadores, se encuentran:
- a) *factores internos*: contribución a la administración superior, cooperación de I+D con *marketing* y producción y personal con calificaciones específicas.
 - b) *factores externos*: programas públicos de apoyo a la innovación; uso de servicios de consultoría; cooperación con clientes/proveedores; cooperación con otras empresas; cooperación con institutos de investigación y cooperación con universidades.
3. Por último, también se señalan factores que impiden la innovación:
- a) *factores económicos*: percepción de riesgo excesivo, falta de fuentes adecuadas de financiación, gastos innovadores muy elevados y muy largo período de retorno de la inversión en innovación.
 - b) *potencial de innovación*: gasto en I+D muy reducido; escasez cualitativa de I+D propia; falta de personal calificado, falta de información sobre tecnología; falta de información sobre mercados; costos de innovación difíciles de controlar; resistencia al cambio en la empresa; deficiencias en la disponibilidad de servicios externos y oportunidades de cooperación.
 - c) *otras razones*: la innovación no tiene espacio en la estrategia de la empresa; falta de oportunidad tecnológica; no se presenta la necesidad de innovar debido a innovaciones recientes; gran facilidad

para copiar innovaciones; legislación, normas, patrones, tributación; falta de respuesta de los clientes hacia los nuevos productos y procesos y falta de certeza en la evaluación del tiempo necesario para la innovación.

A partir de estos elementos, varios países, como Australia e Irlanda, por ejemplo, han desarrollado interesantes sistemas de indicadores de innovación o "tecnológicos", intentando aplicar los principios contenidos en el Manual de Oslo.

V. INDICADORES PARA PAÍSES EN DESARROLLO

Para el trazado de una estrategia con vistas a aprehender el proceso innovador en los países dependientes, es importante tener en mente un avance significativo ocurrido en la comprensión del propio significado de la tecnología a partir de la recuperación de textos clásicos. En este mismo sentido, la elaboración de conceptos capaces de dar cuenta de los procesos modernos de tecnificación de la producción exige la comprensión más cabal de un movimiento más incluyente que comprende instituciones indirectamente productivas:

"la emergencia de la tecnología moderna y el surgimiento del capitalismo de las corporaciones (son) dos lados del mismo proceso de producción social en América del Norte. La tecnología siempre significa, más que información, lógica, cosas. Está constituida por las propias personas, emprendiendo sus variadas actividades en los contextos sociales e históricos particulares. Como aseveró Marcuse, los individuos son parte integrante y factor de tecnología, no solamente como hombres que inventan o trabajan sobre las máquinas sino también como grupos sociales que dirigen su aplicación y utilización" (Nobel, 1977).

El considerar a la tecnología como un proceso en el cual los hombres interactúan entre sí mediatizados por la máquina, recupera el concepto marxista de fuerzas productivas:

"Siendo un fenómeno esencialmente humano, la tecnología es así un proceso social; no sólo estimula el desarrollo social externo sino que constituye el propio desarrollo social fundamental: la preparación, movilización y el proceso de adaptación de las personas a nuevos tipos de actividad productiva, la reorientación del modelo de inversión

social, la reestructuración de las instituciones sociales y, potencialmente, la redefinición de las relaciones sociales (Nobel, 1977).

Esta posición implica, a nuestros efectos, computar las transformaciones en la capacitación del personal, y en lo que se refiere a la relación establecida en el proceso de trabajo, como elementos típicos del progreso técnico. La capacitación y la modificación de las relaciones de trabajo pasan entonces a ser consideradas ya no como un resultado de la introducción de nuevas "tecnologías" —entendidas como incorporadas en máquinas o en información, sin incluir a los propios trabajadores, que sin duda constituyen su elemento central— sino como parte integrante de las transformaciones tecnológicas. Pueden, por consiguiente, constituir indicadores de innovación.

Resulta más interesante la evidencia de la característica social de las nuevas tecnologías, cuando es notorio que la modificación de la estructura productiva interna a las unidades fabriles es totalmente insuficiente para instaurar la nueva era tecnológica en los países dependientes:

"Este proceso social llamado tecnología, además, no existe de forma aislada, en un mundo creado por él. No es más que un aspecto importante del desarrollo de la sociedad en su conjunto. Como aquellos que conforman una sociedad son al mismo tiempo el material humano que compone la tecnología, ésta deberá inexorablemente reflejar el contorno del orden social particular que la creó y que la sustenta. Y, como cualquier emprendimiento humano, no se procesa de manera automática, sino que contiene un elemento subjetivo que lo dirige y asume formas particulares dadas por las personas más poderosas e impetuosas, en disputa con las otras. El desarrollo de la tecnología, y el desarrollo social que éste implica, está determinado tanto por la visión que informa sobre ella y los conceptos particulares de orden social que la limitan, como las relaciones mecánicas entre cosas y leyes físicas de la naturaleza" (Nobel, 1977).

Para nosotros, la evidencia (expresada más claramente en la fase actual del capitalismo con la introducción de nuevas tecnologías) del carácter social e institucional de la transformación tecnológica plantea desafíos más serios —en la medida en que la adopción de técnicas revolucionarias exige la transformación de las instituciones sociales— para los países en desarrollo. Por otro lado, sólo se estará en condiciones de detectar transformaciones fundamentales en el proceso de cam-

bio para el nuevo paradigma técnico-económico en la medida en que los indicadores que resulten seleccionados incluyan esas transformaciones institucionales, esenciales para garantizar su vigencia.

Teniendo en consideración las características específicas del progreso técnico dentro de los países en desarrollo, será necesario construir indicadores capaces de reflejar los procesos de innovación en esas condiciones. Fueron realizados algunos intentos en este sentido, entre los cuales se destaca el trabajo de la UNCTAD (1991):

“Las dificultades relativas a los datos en los países en desarrollo en relación a la disponibilidad y calidad de la información tecnológicamente relevante aconseja el uso de una mayor gama de indicadores tecnológicos que en los países desarrollados”. Por otro lado “la importancia de los diferentes indicadores y su interpretación varía de acuerdo con el nivel de desarrollo y las diferencias de política económica entre los países de menor desarrollo relativo. Un flujo creciente de importación de bienes de capital o de inversión extranjera directa puede ser interpretado como elevación de la tecnología disponible o como aumento de la dependencia de la tecnología existente”. (UNCTAD, 1991).

La estructura de indicadores tecnológicos propuesta por la UNCTAD (1991) incluye:

1. Como indicadores de insumo tecnológico:

a) *tecnología importada o transferida*

- i. la inversión extranjera directa,
- ii. la importación de bienes de capital, y
- iii. el pago de derechos de propiedad de tecnología y asistencia técnica.

b) *insumos domésticos:*

- i. gasto nacional en ciencia y tecnología,
- ii. educación formal y entrenamiento,
- iii. inversión en instalaciones y equipos.

2. Como indicadores de desempeño económico relacionado con la tecnología, el trabajo propone:

a) *indicadores de desempeño interno (economía nacional):*

- i. aumento de la productividad,
- ii. innovación de productos (diferencia de composición de la pauta de producción).
- b) *indicadores de exportación o desempeño comercial (balanza tecnológica):*
 - i. aumento de la participación en el mercado de productos intensivos en tecnología,
 - ii. exportación de tecnología.
- c) *indicadores de desempeño tecnológico:*
 - i. nivel de industrialización,
 - ii. cambios en las características estructurales del desarrollo tecnológico:
 - diferencia de composición del PBI
 - distribución sectorial de la fuerza de trabajo
 - diferencia en la composición en la producción interna
 - diferencia de la composición del comercio

El enfoque de UNCTAD (1991) propone por tanto un análisis de variables económicas que puedan traducir el progreso tecnológico, constituyendo indicadores de impacto a ser utilizados en países en desarrollo. Incluye también variables institucionales que constituyen elementos fundamentales para la instauración del nuevo paradigma tecnológico.

Existe acuerdo en el sentido de que es mucho más fácil medir los insumos que los productos en relación con los indicadores de ciencia y tecnología. De acuerdo con Rosa Sancho, el hecho de que los insumos estén constituidos totalmente por bienes tangibles es lo que los diferencia del producto científico o tecnológico, cuya medida implica el desafío de mensurar el conocimiento generado durante el proceso de investigación, un bien intangible difícil de ser cuantificado directamente. Pero no existe aún un sistema de medición de producto que sea de aceptación general (Sancho, 1991, 221).

Avalos (1985) es uno de los pioneros en la discusión de las características específicas de los países en desarrollo que condicionan la producción de indicadores para la región. Entre los trabajos más recientes que enfocan el tema de los indicadores de innovación o tecnológicos, Konrad y Wahl (1990) tienen un enfoque original. Para estos autores, el subdesarrollo de las interrelaciones entre ciencia, tecnología y sociedad es el responsable de la dificultad en traducir el potencial científico

y tecnológico en capacidad de absorber los resultados producidos por la ciencia y por la tecnología. Los autores construyen tres grupos de indicadores: "un primer grupo para identificar el potencial tecnológico de los países, un segundo grupo para detectar la habilidad en generar esa capacidad (generatividad), y un tercer grupo para la capacidad de recibir, de absorber los conocimientos científicos y las soluciones tecnológicas creadas en el país o adquiridas por transferencia de tecnología y transformarlos en innovaciones económicas y sociales" (Konrad y Wahl, 1990, 246).

Entre los indicadores del potencial científico y tecnológico se incluyen los principales indicadores de insumo C&T (de gastos en I+D y de recursos humanos), siendo cubiertos los aspectos estructurales y funcionales por indicadores relativos como investigador por millón de habitantes, gasto en I+D/PBI, por habitante o por investigador. Fueron incluidos también indicadores del gasto en I+D del sector productivo. Un resultado interesante del análisis es que la consideración de factores estructurales implícitos en los indicadores relativos conduce a un aumento significativo de la información (Konrad y Wahl, 1990: 249). Vale la pena mencionar que no se verificó correlación significativa entre la concentración de recursos en el sector productivo y el potencial de I+D de un país y su nivel general de desarrollo: "Es obvio que esa concentración es una condición necesaria pero no suficiente para la eficiencia social de la I+D nacional". (Konrad y Wahl, 1990, 249).

Otro resultado señalado es la necesidad de adoptar conceptos teóricos y un conjunto de indicadores que tomen en consideración las características específicas de estos países (Konrad y Wahl, 1990, 250).

"La asimilación, adaptación y modificación de los resultados científicos y tecnológicos disponibles se constituyen en la tarea prioritaria de la capacidad instalada de I+D, lo que relega a un segundo plano la creación de nuevos resultados" (Konrad y Wahl, 1990, 251).

Para medir la capacidad de generación C&T, los indicadores fueron principalmente variables sociales y económicas relativas, como fracción de la industria en el PBN, PBN *per cápita* y su tasa de crecimiento, fracción del presupuesto nacional gastada en educación, grado de urbanización, índice del poder de compra de las exportaciones, además de algunos valores absolutos, como la población económicamente activa y la tasa de formación bruta de capital fijo (o la inversión interna bruta). La medida obtenida de esa manera tiende hacia la idea de masa

crítica, dando idea clara de la posición de cada país en cuanto a la capacidad de generación de C&T (Konrad y Wahl, 1990, 257).

Finalmente, los indicadores de receptividad, de capacidad de absorción de resultados científicos y tecnológicos y su transformación en innovación, fueron medidos por las siguientes variables: 1) indicadores globales de la estructura socioeconómica: la población y el PBI, el porcentaje de grandes empresas en el PBI, y la media de facturación de las grandes empresas (ambos miden la concentración de la producción social), recaudación gubernamental sobre el PBI, la homogeneidad de la economía; 2) indicadores relativos a la estructura técnico-material: la productividad de la industria y de la agricultura, tasa de crecimiento de la producción de alimentos y de la energía comercial *per cápita*, producción manufacturera sobre el PBI y en términos absolutos su tasa de crecimiento entre 1973 y 1984, porcentaje de la producción de maquinaria sobre la producción industrial y, 3) indicadores relativos al factor humano y a las relaciones externas: tasa de analfabetismo, estudiantes en la población de veinte a veinticuatro años, inversión externa directa y franja de las manufacturas en la exportación (Konrad y Wahl, 1990, 258).

Los indicadores sociales, principalmente los educativos, han sido incluidos porque "las innovaciones técnicas y sociales presuponen una educación generalizada en ciencia y tecnología tanto como una motivación necesaria de la población trabajadora" (Konrad y Wahl, 1990, 260).

Como resultado general del estudio, los autores concluyen que la receptividad parece ser el cuello de botella del progreso científico y tecnológico en el Tercer Mundo. Los problemas estructurales (distribución de la renta, concentración de la producción) son las restricciones más severas, lo que se aplica tanto a los países exportadores de petróleo como a aquéllos altamente endeudados en América Latina en el período analizado. Otra conclusión es que existe una baja correlación entre el indicador relativo a publicaciones y los indicadores de los aspectos estructurales, lo que parecería recomendar la no utilización de publicaciones como indicador importante para la toma de decisiones en el área científica y tecnológica de los países en desarrollo (Konrad y Wahl, 1990, 262-263).

El ejemplo muestra la amplia posibilidad de trabajos con base en indicadores ya disponibles para realizar una medida del impacto de la

actividad C&T sobre la innovación tecnológica en los países en desarrollo. El uso de indicadores sociales y económicos con esa finalidad parece comprobarse eficaz para estudios analíticos cuidadosos como el escogido.

Si somos capaces de asociar estos análisis indirectos con indicadores directamente derivados de recolecciones selectivas de información junto a una muestra representativa de la industria de estos países, obviamente el resultado podrá ser mucho más rico y preciso.

Para esa finalidad, el desarrollo de indicadores de innovación aquí sugeridos, u otros que se produzcan, son fundamentales para que se puedan dar pasos importantes para corregir rumbos (o de establecerlos, en algunos casos) de la política científica y tecnológica. El trabajo de Coutinho (1994) desarrolla una serie bastante extensa de indicadores de competitividad que eventualmente pueden servir de base para estudios en este sentido.

Esos indicadores son clasificados en 1) indicadores de desempeño, 2) indicadores de eficiencia y 3) indicadores de capacitación. Cada uno de ellos contiene, a su vez, a) indicadores sistémicos, b) indicadores sectoriales y c) indicadores empresariales. Se acepta explícitamente, entonces, la influencia de factores externos a la empresa e incluso al sector industrial en la determinación de la competitividad (*ver* Cuadro).

La consideración explícita de los indicadores sistémicos permite tratar a la competitividad en el contexto económico-social vigente. La combinación de los indicadores permitió una buena caracterización de la situación competitiva sectorial en Brasil y dio los elementos para una política con vistas a corregir las principales distorsiones sistémicas y sectoriales.

Este texto pretende estimular esa reflexión a través de la compilación de algunos de los trabajos más interesantes sobre el tema.

La reunión que será realizada por el NPCT en Campinas, São Paulo, en mayo de este año, aglutinando a los coordinadores de los subproyectos que componen el *Proyecto de Investigación sobre Metodología de la Construcción de Indicadores de Ciencia y Tecnología para Iberoamérica*, tendrá este tema en su agenda y tendrá que trazar algunas estrategias para hacer viable el trabajo aquí propuesto.

Indicadores	de desempeño	de eficiencia	de capacitación
Sistémicos	Tasa de crecimiento exportaciones X importaciones (M)/PBI Exportaciones/PBI Export.Brasil/Mundial Import.Brasil/Mundial Índ. Quantum y Precios X Índ. Precios M/País/Región	Tasa de cambio real Relac. cambio/salario Evolución costo mano de obra Evolución tarifas públicas Carga tributaria Costo, plazo y carencia Financ. largo plazo Evol. costo cap.de giro Evol. costo financ. I+D Evol. costo financ. X tarifa media M	Gastos en educación Tasa escolaridad /PBI Gastos en I+D/PBI P.O. en I+D/Rec. Hum. Valor servic.tecnol./PBI Valor serv. tecn /nº contr. Tiempo contr/nº contr. Compra tecn. extr./PBI Evol. Nro. patentes/sector/origen del capital y tamaño de la empresa Inversión intangible FBCF (públ.+priv)/PBI Invers.extranj.dir./PBI Invers.extranj.dir./mundial Crédito total /PBI Crédito gastos I+D/PBI Compras gobierno/PBI Invers. infraestr./PBI Invers. total/PBI
Sectoriales	Tasa crec. X y M por país y región destino origen X/Valor de la producción. X Brasil sector/mundial. M Brasil sector/mundial. Índice precios X y M sector.	Tarifa cambio real Relac. cambio/salario Evol. costo mano de obra e insumos, salar. medio/h. Evol. tarifas públicas Carga tributaria Costo, plazo y carencia Financ. largo plazo Evol. costo cap. de giro Evol. costo financ. I+D Producto físico-P.O.pr. prod. Producto valor/P.O. prod. tarifa efectiva de M	Gastos entren. RH /V. producción Nºempl.entrr./empleados Invers. intang./V. Prod. Composición de los rec. humanos Gastos en I+D/ Valor Prod. Evol. Nº de patentes Grado de difusión tecnologías Gastos automatización./V. prod. Edad de los equipos Indicadores sectoriales varios
Empresariales	Exportaciones (X)/facturación. Importaciones (M)/facturación. market share en valor market share en cantidad. factur. empr./fact.sector.	Producto físico/P.O. pr. Producto.valor/P.O. prod. Rentabilidad Grado de endeudamiento Grado de liquidez	Gastos entrenamiento. RH/Facturación. Nº empl. entrenados/empleados Inversion intang./factur. Composición rec. hum. Gastos en I+D/factur. P.O. en I+D/rec. hum. Evol. Nº patentes Grado difusión tecnolog. Gastos automat./factur. Edad de los equipos. Indicad. sect. var.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Avalos, Ignacio, y Viana, Horacio, "*Bases para la elaboración de indicadores de medición de la capacidad tecnológica*", documento integrante del Proyecto de Prospectiva Tecnológica para América Latina, coordinado por Amílcar Herrera, del DPCT, IG, UNICAMP, mimeo, marzo de 1985, pp. 19-36.
- Callon, Michel; Lareto, P., y Rabeharisoa, V., *The Management and Evaluation of Technological Programs and the Dynamics of Techno-Economic Networks: the Case of the Agence Française de la Maîtrise de l'Énergie* (AFME), de Michel Callon, P. Lareto y V. Rabeharisoa, Centre de Sociologie de l'Innovation, École des Mines de París, 1990.
- Conacyt, "*Indicators - Scientific and Technological Activities*", Secretariat of Public Education, México, 1992.
- Coutinho, Luciano, y Ferraz, José Carlos (coordinadores), "*Estudo da Competitividade da Indústria Brasileira*", Editora da Unicamp, Papirus Editora e Ministério da Ciência e da Tecnologia (MCT), 1994.
- Davyt, Amílcar, "*Cuantificando la ciencia: una revisión crítica sobre indicadores bibliométricos (1960-1995)*", mimeo, 1996.
- Fajnzylber, F. "*La industrialización trunca de América Latina*", Ed. Nuevo México, México D.F., 1983.
- Konrad, N., y Wahl, D., "*Science, Technology and Development Indicators for Third World Countries- Possibilities for Analysis and Grouping*", en: *Scientometrics*, Vol. 19, Nos. 3-4 (1990), 245-270.
- Kruytbosch, Carlos, "*Role of science & technology in developing countries*", mimeo, NSF, 1992, 6 p.
- Michalet, Bernadette Madeuf, "*Technology indicators and developing countries*", UNCTAD/ITP/TEC/19, United Nations Conference on Trade and Development, 22 de enero de 1991.
- Morita-Lou, Hiroko, "*Science and technology indicators for development*", editor, publicado en cooperación con el Centro de las Naciones Unidas de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Westview Press, Boulder, Colorado, EE. UU., 1985.
- Narváez-Berthelemot, N.; Frigoletto, L. P. & Miquel, J. F., "*Internacional Scientific Collaboration in Latin America*", en: *Scientometrics*, Vol. 24, No. 3 (1992), pp. 373-392.
- National Science Board, "*Science and engineering indicators*", National Science Foundation, Washington, D.C., EE. UU., 1991.
- Noble, D. F. (1977) "*America by design - science, technology and the rise of corporate capitalism*", Alfred A. Knopf, Nueva York, 1982, C. 1.
- OCDE, *Technology and the Economy -The Key Relationships*, OCDE, París, Francia, *Innovation-Related Networks and The Technology Policymaking*, 1992, C. 3.

- OECD, "OECD in Figurites. Statistics on the Member Countries", *Organization for Economic Co-operation and Development*, Suplemento del OECD Observer No. 170, junio/julio 1991.
- Oslo Manual "Diretivas propostas pela OCDE para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica", OCDE, París, 1992.
- Sancho, Rosa, *Misjudgement and Shortcoming in the Measurement of Scientific Activities in Less Developed Countries*, in *Scientometrics*, Vol. 23, No. 1 (1992), pp. 221-233.
- UNCTAD, coordinado por Bernadette Madeuf Michalet, "Los indicadores tecnológicos y los países en desarrollo", estudio preparado por la Secretaría de la UNCTAD/ITP/TEC/19, *Conferência das Nações Unidas sobre Comercio e Desenvolvimento*, Publicações das Nações Unidas, 22 de enero de 1991, 45 p.