

Tecnología, diseño de políticas, desarrollo*

Jean-Jacques Salomon**

Que el problema del subdesarrollo reviste múltiples facetas y precisa, para su comprensión, la superposición de diferentes niveles de análisis, no parece novedoso. Sin embargo, lo que resulta hoy imprescindible es atacar fuertemente el mito creado acerca de los efectos milagrosos del cambio tecnológico como elemento central de toda estrategia de desarrollo. En este sentido, el presente artículo comienza recogiendo una diferencia sustantiva: no hay un Tercer Mundo, sino varios. En consecuencia, resulta imprescindible un trabajo de contextualización de cada universo nacional, a fin de comprender las determinaciones propias de cada realidad social. En efecto, el desarrollo científico y tecnológico necesita preparar el terreno, en términos institucionales, sociales, económicos y políticos, puesto que las estrategias que no lo tomen en cuenta estarán destinadas al fracaso. Si bien la ciencia es universal, en muy pocos países en desarrollo se dan hoy las condiciones para hacer ciencia "excelente". Para el resto, la ciencia puede más bien ayudar a comprender algunos principios y procesos de importancia local o regional. Tal vez uno de los elementos que emergen de esta discusión refiere a las estrategias de formación de científicos, de cuadros intermedios, de gestores, etc., que deben implementar los países en desarrollo.

De acuerdo con la Importancia que reviste el tema, se pidió a diversos expertos -científicos, investigadores de políticas científicas y tecnológicas- que hicieran una lectura crítica del artículo de Jean-Jacques Salomon, que presentamos en conjunto como el inicio de un debate que, sin dudas, ha de continuar.

Quisiera comenzar citando a Albert Hirschman, el especialista que, según mi criterio, ha estudiado mejor los problemas del desarrollo. En su artículo "Surgimiento y decadencia de la economía del desarrollo", presentaba el balance de este "campo de investigación relativamente joven", en el que veía que "en el decenio de los cuarenta y especialmente en el de los cincuenta, hubo una efusión notable de ideas y modelos fundamentales". Hirschman agregaba: "En esa era eminentemente 'estimulante', a la economía del desarrollo le fue mucho mejor que a su objeto de estudio, *el desarrollo económico de las regiones*

* Conferencia pronunciada en el Instituto de Estudios Avangados. Universidad de San Pablo, Brasil, el 17 de octubre de 1991.

** Centre Science, technologie et société. Conservatoire National des Arts et Métiers. París, Francia.

más pobres del mundo, situadas fundamentalmente en Asia, América Latina y África".¹

Los especialistas han aprendido mucho sobre los límites de la aplicación de sus teorías y modelos a los problemas específicos de lo que se ha denominado Tercer Mundo. En particular, han aprendido que la tecnología aporta al crecimiento económico, pero... ¿cuánto?, ¿y hasta qué punto? Más específicamente, ¿es la tecnología buena para el desarrollo? O si, obviamente, el estado juega un papel decisivo en el apoyo al cambio tecnológico, ¿hasta qué punto este papel resulta positivo para el desarrollo? A pesar del progreso intelectual en este campo, la cantidad de preguntas sin respuesta sigue siendo mayor que la de preguntas respondidas, pero la brecha entre la mejor comprensión de los problemas y el aumento de las restricciones que enfrentan los países en desarrollo aún es grande, si no creciente.

Actualmente sabemos más acerca del proceso que lleva al éxito de la innovación, pero falta mucho para aclarar el interrogante: "¿Qué clase de innovación es más relevante o adecuada en el marco de una estrategia racional para el desarrollo?". La situación se ha tornado aún más confusa por dos motivos: en primer lugar, las condiciones económicas de la mayoría de los países en desarrollo ha empeorado; y, en segundo lugar, se ha desplegado simultáneamente un nuevo sistema técnico que amenaza con aumentar todavía más la brecha entre los países en desarrollo y los países industrializados.

Son bien conocidas las razones que hacen que la situación de la mayoría de los países en desarrollo resulte dramática. Quiero insistir en las consecuencias políticas que surgen a partir de la emergencia y el desarrollo de las nuevas tecnologías. La primera característica distintiva de este nuevo sistema técnico es que su producción, gestión y utilización son intensivas en capital, no sólo en cuanto a los recursos financieros sino también en lo que hace a las disponibilidades de investigación y de potencial humano altamente calificado.

Hasta poco antes de la Segunda Guerra Mundial, las innovaciones técnicas más importantes de la Revolución Industrial eran consecuencia del conocimiento disponible más que de los últimos descubrimientos. Los "recién llegados" a la carrera de la industrialización podían ponerse al día más fácilmente porque las tecnologías más avanzadas de la época podían incorporarse al sistema de producción sin

¹ Albert Hirschman. *Essays in Trespassing: Economics to Politics and Beyond*, cap. 1, Cambridge University Press, 1981, p.1.

necesidad de conocimientos sofisticados. Desde entonces, la situación ha cambiado profundamente, primero con el surgimiento de la energía nuclear, luego con el desarrollo de las ciencias de la información, las biotecnologías, los nuevos materiales y los nuevos sistemas de comunicación relacionados con ellos; el diseño, desarrollo y difusión de las nuevas tecnologías requiere grandes inversiones de capital, vínculos estrechos entre las universidades y la industria, una gran cantidad de científicos, ingenieros y técnicos, especialistas en gestión y estudios de mercado, así como también redes de servicios de alcance mundial.

En la actualidad, es obvio para todos los países que la única alternativa es un mayor nivel de control de los factores que condicionan el cambio técnico. Pero esto es mucho más importante y al mismo tiempo mucho más difícil para los países en desarrollo; en primer lugar, porque pueden participar sólo de manera marginal en la producción del nuevo sistema técnico, y, en segundo lugar, porque no están tan bien preparados como los países industrializados para ajustar y controlar el impacto de las nuevas tecnologías.

En realidad, hay quienes niegan que las nuevas tecnologías sean lo que la mayoría de los países en desarrollo necesitan como alta prioridad para satisfacer sus desafíos reales de manera tan rápida y eficiente como sea posible. Al mismo tiempo (dada la creciente interdependencia de las economías y la internacionalización del comercio, por un lado, y las innegables oportunidades de modernización que ofrecen las nuevas tecnologías, por el otro), ¿es concebible que un país elija privarse de los productos y de la infraestructura que definen cada vez más al "sistema nervioso" del mundo contemporáneo y determinan su funcionamiento?

La situación se ha presentado de manera bastante árida y requiere, evidentemente, un mayor nivel de sutileza; o quizás sería mejor, por dos motivos, evitar todo tipo de generalizaciones. Primero, la tecnología no es, jamás, un factor único o aislado en el proceso de desarrollo socioeconómico, y el éxito de los esfuerzos para trasplantar una tecnología depende en gran medida de los preparativos que se hagan previamente y del contexto social, económico y cultural. Segundo, la semejanza de los problemas que enfrentan los países en desarrollo no debería opacar la gran diversidad de circunstancias. Este debe ser el punto de partida de cualquier interpretación de los problemas (y lo que ellos implican) planteados por el impacto de las nuevas tecnologías sobre los países en desarrollo.

La experiencia del pasado reciente ha demostrado que, sean cuales fueren los alineamientos de solidaridad, no hay un solo Tercer Mundo, sino

varios. Las deficiencias que caracterizan al subdesarrollo no se presentan en todas partes en la misma medida, y la semejanza de los problemas que el Tercer Mundo enfrenta no impide la creciente diversidad de situaciones posibles. El desarrollo no es un mero viaje de la tradición a la modernidad; es también una carrera con líderes y perseguidores cuyas ventajas comparativas no se adquieren de una vez y para siempre, y esto es particularmente cierto en lo que hace a la capacidad científica y técnica.

Se han hecho muchos intentos y se han diseñado muchas tipologías para definir indicadores comprensivos del desarrollo. Naturalmente, ninguno puede reflejar los complejos factores culturales, sociales, económicos y políticos en juego cuando se considera el concepto de "desarrollo" en todas sus multifacéticas dimensiones. En el mejor de los casos, hay algunos indicadores de la penetración de los patrones occidentales en diferentes sociedades. Hace muy poco, un informe presentado ante la UNESCO por el *International Council for Science Policy Studies* [Consejo Internacional para los estudios de política científica] (informe que merece un cuidadoso estudio por su contenido, su libertad de expresión y sus duras conclusiones) ha propuesto un nuevo sistema de clasificación para la ciencia y la tecnología que tiene en cuenta el tamaño relativo de los países, sus ingresos, su intensidad de I+D, sus recursos humanos dedicados a la ciencia y la tecnología y su nivel de logro en la educación terciaria.

Esto lleva a una tipología agregada de "posibilidades de la ciencia y la tecnología", evaluada en particular a la luz de los logros económicos del sector industrial. Si se excluye a los países industrializados, pueden identificarse tres grupos de países: los que no tienen base científica y tecnológica, los que tienen los elementos fundamentales de semejante base y los que tienen una base científica y tecnológica establecida. Los casos de China y la India requieren un grupo especial, por el tamaño de su población y de su territorio.²

La ciencia y la tecnología han de jugar papeles esenciales en el proceso de desarrollo, pero su plena contribución, según sostiene correctamente el informe, depende estrechamente de la medida en que se las pueda incorporar a las estructuras existentes y combinar con las tradiciones y las culturas prevalecientes. La ciencia es esencial "porque ofrece un método y un proceso para establecer nuevas verdades

² *Science and Technology in Developing Countries: Strategies for the 90's*, Informe para la UNESCO del International Council for Science Policy Studies, París, 1991.

y para poner en tela de juicio las verdades aceptadas, y porque ha llegado a estar íntimamente ligada a la tecnología, que tiene la llave para la satisfacción de las necesidades humanas a gran escala". Sin embargo, continúa el informe, "la ciencia y la tecnología pueden echar raíces en una sociedad determinada sólo si sus estructuras y objetivos se ajustan bien a las formas de pensamiento y acción prevalecientes".

Además, una tipología semejante no es estática: los últimos años han sido testigos de cambios, fluctuaciones e interrupciones fundamentales en el proceso de desarrollo de muchos países. Varios países han bajado de rango en cada uno de los tres grupos, con drásticas consecuencias para sus recursos en ciencia y tecnología. En muchos casos, no sólo no se ha conservado el impulso sino que lo que ya se había logrado se ha visto seriamente comprometido por la crisis económica, la deuda, los recortes presupuestarios y las crisis políticas. Las bases de la ciencia y la tecnología son vulnerables a los altibajos de las decisiones políticas y económicas; las llamadas ventajas comparativas son constelaciones de factores volátiles que pueden migrar velozmente de un país a otro, e incluso de una región a otra. Y los recientes acontecimientos en Europa oriental demuestran suficientemente que no debe darse por sentada la pertenencia a los países industrializados: ahora podemos hablar de países recientemente desarrollados como se habla de los recientemente industrializados.

En resumen, las dificultades para el desarrollo no se limitan a la disponibilidad de recursos naturales frente a las presiones demográficas; también incluyen la organización social y los sistemas políticos. Los recursos naturales y las presiones demográficas solas dictan el umbral de pobreza absoluta, pero el sistema político y la naturaleza de la organización social definen los límites de la capacidad de un país para movilizar sus recursos humanos y financieros. Las clasificaciones puramente económicas de los países en desarrollo proporcionan una imagen algo distorsionada: no tienen en cuenta correctamente las diferencias en los caminos para el desarrollo que surgen, entre otras cosas, de la naturaleza de los régimenes políticos y económicos, del nivel y la difusión de la educación, de la base industrial y académica, de la estructura de clases y del tamaño de la clase profesional, y del grado de "dualidad" existente entre una gran población rural y una élite científica altamente calificada.

En 1988, mi colega André Lebeau y yo publicamos un libro sobre el papel de la ciencia y la tecnología en el desarrollo; en él, intentábamos comprender porqué algunos países tienen éxito con mayor facilidad.

dad mientras que muchos otros fracasan en sus intentos de aprovechar al máximo los recursos científicos y tecnológicos disponibles.³

En otras palabras, ¿qué tienen en común los así llamados "países recientemente industrializados"¹ (Brasil, la India, Corea del Sur o Taiwán), a pesar de ser tan diferentes entre sí en lo que hace a su historia, su cultura, su organización política, su dirección económica y sus elecciones sociales? Por supuesto, no hay una respuesta definitiva, pero surgen las siguientes conclusiones: *primero*, en contraste con África, todos estos países comparten una larga historia cultural asociada con la escritura y la imprenta; *segundo*, todos tienen un pasado científico en la intersección de los métodos tradicionales y la ciencia europea, a veces con una herencia científica mucho más antigua que la ciencia europea; *tercero*, a diferencia de la mayoría de las otras colonias, todos han sido industrializados, en alguna medida, durante casi un siglo, y han tenido el aparato necesario para la formación avanzada, apoyado por una larga tradición de intercambios científicos y culturales con instituciones de investigación de los países industrializados. Estas características compartidas muestran la importancia del *tiempo* y la *continuidad* en la construcción de instituciones académicas e industriales capaces de abrir camino hacia una relativa autonomía tecnológica.

Pero el *tiempo* no es suficiente. Hay otras dos características que, en nuestra opinión, explican ampliamente los sorprendentes resultados de las políticas de modernización que aplican estos "países recientemente industrializados". *Cuarto*, de una manera o de otra, todos tienen alguna forma de capitalismo de estado, y los más altos niveles de gobierno son conscientes, desde hace ya bastante tiempo, del papel que juegan la ciencia y la educación para el desarrollo. *Quinto*, y no menos importante, en sus esfuerzos para la educación y la investigación todos demuestran querer liberarse de su dependencia de los países industrializados. La disponibilidad de recursos naturales y las presiones demográficas pueden determinar la línea de pobreza, pero es la *voluntad colectiva* (es decir, los sistemas políticos, la organización social, la distribución del ingreso, el acceso a la educación general y la eficiencia del sistema educativo) la que debe definir los límites de la capacidad de movilizar recursos humanos y financieros.

El estudio de estos casos muestra cuan profundamente interdependientes son los factores técnicos, económicos, políticos,

³ Jean-Jacques Salomon y André Lebeau, *L'ocnain public et l'ordinateur. Mirages du développement*, París, Hachette, 1988; publicado en inglés por Lynne Rienner, Boulder, Colorado, 1992.

sociales y culturales involucrados en el proceso de cambio técnico. Las transformaciones de la sociedad y de la tecnología son al mismo tiempo causa y efecto, y la forma en que las sociedades se adaptan a estas transformaciones es tan sistemática como estático es el sistema técnico. En este sentido, ya no se puede igualar a la tecnología con cierto equipamiento de computación o con procesos de producción específicos. La tecnología también es la gente, las organizaciones sociales y las formas de gestión; como tal, se la debe definir como *proceso social* que da forma a la sociedad en la misma medida en que la sociedad le da forma a ella. Esto implica también que la comprensión y el control eficiente del proceso de cambio tecnológico requieren un enfoque que incluya la práctica y las herramientas analíticas de varias disciplinas, de las ciencias "duras" a las "blandas", de la historia, la sociología, e incluso la filosofía, a la tecnología como tal, la economía o las ciencias de gestión.

La historia de la Revolución Industrial sugiere que la difusión internacional de la tecnología es un factor de actualización, y que ningún país puede retener eternamente el monopolio sobre el progreso técnico. Los *recién llegados* en la carrera por la industrialización pueden incluso gozar de una ventaja comparativa, ya que hay un conjunto de tecnologías disponibles que pueden importar, imitar o mejorar sin tener que asumir los riesgos y los costos pagados por los "pioneros". Abundan los ejemplos de países que empezaron copiando a otros y lograron tasas de crecimiento e innovación mucho más altas que las de sus predecesores tecnológicos: la Europa continental comparada con Gran Bretaña al comienzo de la Revolución Industrial, los Estados Unidos a fines del siglo XIX, Japón a mediados de este siglo y, entre los países recientemente industrializados, los "cuatro pequeños dragones" del sudeste asiático. Si se suma el hecho de que el comercio internacional tiene actualmente un volumen mayor y se mueve con mayor rapidez que antes, ¿se puede llegar a la conclusión de que los países en desarrollo tienen mayor espacio de maniobra para la explotación de las posibilidades tecnológicas?

Evidentemente, una conclusión tan optimista no es válida para la gran mayoría de los países en desarrollo. Por el contrario, el nuevo sistema técnico que está surgiendo actualmente a nuestro alrededor amenaza aumentar, más que reducir, la brecha entre los países industrializados y los países en desarrollo. Tomemos el caso de la biotecnología, que parece tener un enorme potencial. No sólo hacen falta grandes inversiones de mano de obra, equipamiento, nuevos ordenamientos institucionales y el apoyo de nuevos tipos de servicios

para poder desarrollar sus posibilidades deseables, sino que también los cambios que provocará afectarán a la tradicional industria del agro, tanto en los países en desarrollo como en los industrializados. Los nuevos productos y procesos competirán, inevitablemente, con los tradicionales, convirtiendo en obsoletas las prácticas existentes y desplazando las producciones que ya pueden haber sufrido las variaciones de corto plazo del mercado internacional.

Existe el riesgo real de que el *efecto Mateo en la ciencia*, bien demostrado por Merton en el caso de los científicos y los descubrimientos científicos, también resulte aplicable al desarrollo económico y social, es decir, que los ricos reciban más y los pobres, menos. Las nuevas tecnologías abren nuevas oportunidades. Sin embargo, el impacto de su amplia difusión amenaza con incrementar la brecha entre "ricos" y "pobres". Por ejemplo, la sustitución de la isoglucosa por el azúcar puede provocar efectos negativos semejantes a los que se produjeron cuando la industria del azúcar de remolacha desafió a la de la caña de azúcar.

En este punto, quiero insistir en la distinción que, a mi juicio, ayuda a explicar por qué la brecha tecnológica entre los países industrializados y los países en desarrollo se ha ampliado y amenaza con seguir creciendo en el futuro. Las disparidades económicas interactúan con las características del nuevo sistema técnico y crean una barrera más, que separa el control de la *producción* del control del *uso* de las nuevas tecnologías: el *uso* se asocia cada vez menos con la *producción*, de modo que apenas unos pocos países (en algunos casos, apenas unas pocas empresas) están en posición de producir los bienes y servicios muy avanzados que resultan imprescindibles para obtener ventajas comparativas en un sector determinado, si no para el futuro de todo el sistema económico. Incluso algunos de los países industrializados se preguntan si no serán expulsados del terreno en el que se están desarrollando las últimas batallas del comercio internacional.

El uso de las nuevas tecnologías ya incluye costos sustanciales en lo que hace a infraestructura y formación de mano de obra calificada. Claramente, la microelectrónica y la difusión de sistemas computarizados más flexibles bien pueden permitir que una mayor cantidad de países pueda aprovechar el *nuevo paradigma tecno-económico*. La ciencia y la tecnología extienden el alcance de las opciones disponibles y proporcionan los medios, en algunos casos, para una estrategia de desarrollo "a saltos de rana". Sin embargo, para introducir y difundir las nuevas tecnologías, incluso aunque sólo sea para

modernizar las industrias tradicionales, se necesitan inversiones que deben hacerse a expensas de otras prioridades. Y, una vez más, la tecnología *per se* no es el factor decisivo: las inversiones intangibles (desde las habilidades técnicas básicas hasta el *know-how* altamente calificado y conocimientos sofisticados de *marketing*) juegan un papel importantísimo a este respecto; el "nuevo paradigma" no es la planta totalmente automatizada sino un sistema de gestión que crea un proceso que absorbe continuamente las innovaciones incremétales o secundarias que llevan a mayores niveles de eficiencia y competitividad. En síntesis, las tecnologías modernas y sofisticadas no reemplazan sino que, antes bien, dependen de una fuerza laboral calificada, bien formada y motivada.

El sistema industrial contemporáneo se ocupa cada vez más de los *signos*: incluso cuando produce objetos, el trabajo humano maneja, esencialmente, signos. Pero aunque uno puede ganarse la vida manipulando signos, no puede comer signos: la economía intangible está a años luz de las necesidades más urgentes de la amplia mayoría de los países en desarrollo. ¿Qué significa esto? *Primero*, incluso si la revolución de la información permite a algunos de ellos adoptar y a veces hasta tener éxito en políticas que buscan actualizarse en ciertos sectores, la revolución sigue sin proporcionar de manera alguna (ni en lugar alguno) un atajo para superar los problemas fundamentales del desarrollo: el hambre, el desempleo, la salud y la educación. Además de ello, el nuevo sistema técnico exige crecientes cantidades de recursos invisibles y es cada vez más económico en el uso de energía y materiales tradicionales, disminuyendo así la importancia de la carta que podrían jugar los países en desarrollo en sus negociaciones/enfrentamientos con los industrializados: el acceso a la materia prima barata.

Segundo, es mucho más importante considerar la gestión tecnológica como un elemento que no puede disociarse de los demás en una estrategia de desarrollo global. Lo que es obvio para los países industrializados debería ser más claro aún para los países en desarrollo: la economía de la investigación y la innovación, más que cualquier otro campo de la economía, se ocupa de la asignación de los escasos recursos, que son tan costosos para crear como para operar. Cualquier inversión que desvíe estos recursos del objetivo del desarrollo puede, por lo tanto, parecer extravagante. Y es mucho más importante resistir siguiendo una estrategia directamente inspirada en las adoptadas anteriormente por los países industrializados. La ciencia es universal, pero esto no significa que lo único necesario es aplicar las mis-

mas soluciones a problemas que son, de hecho, básicamente diferentes: no hay un modelo único. Cada país tiene sus propias restricciones sociales, consecuencia de su historia y su cultura, y como cada situación nacional deriva de una experiencia pasada diferente, cada país evoluciona a su manera. La gestión científica puede ser una herramienta universal, pero su aplicación requiere que se la ajuste a la naturaleza específica de las situaciones nacionales. Cada país, en el contexto de sus necesidades locales, debe encontrar sus propias formas de responder a las oportunidades y desafíos de la ciencia y la tecnología.

Tercero, en la práctica, esto significa que, sean cuales fueren sus circunstancias y restricciones específicas, ningún país en desarrollo puede evitar dos preguntas; una de ellas tiene que ver con el progreso tecnológico y la otra con la investigación básica. Con respecto a las tecnologías, ¿cuáles deberían desarrollarse o modificarse para su uso local, antes que importarse? La variedad es esencial, dado que (aun más que en el caso chino, cuando Mao hablaba de "caminar sobre los dos pies") suele haber más de dos opciones a seguir simultáneamente. En otras palabras, el cálculo económico estricto costo-beneficio no es la respuesta adecuada a las realidades sociales del subdesarrollo. Si se elige industrializar, y aun más si se elige modernizar sólo ciertos sectores, se cree que toda la sociedad resultará beneficiada. Pero la experiencia demuestra (por ejemplo en el Brasil y en la India) que reducir la dependencia tecnológica en unos pocos sectores privilegiados lleva, finalmente, a que toda la economía sea mucho más vulnerable y amenaza así la armonía social. La política de desarrollo no puede reducirse a una operación técnica directa, totalmente dirigida a mejorar la eficiencia económica de sectores clave separados del resto de la sociedad, como sucedía recientemente en China, donde sólo a las provincias costeras y a catorce ciudades se les permitía comerciar con el mundo exterior. Los inevitables desequilibrios asociados al crecimiento económico traen consigo presiones que, es verdad, pueden resultar estimulantes a corto plazo. Pero en el largo plazo pueden volverse tan intolerables que acaben por comprometer todo el proceso.

El pluralismo tecnológico es imprescindible. Esto no significa que los métodos tradicionales no resultarían beneficiados por las mejoras en la productividad mediante la introducción de tecnologías más avanzadas. Por el contrario, el uso de algunos elementos del nuevo sistema tecno-económico posibilita la modernización de sectores tradicionales. La combinación de tecnologías nuevas y tradicionales y el manejo deliberado del pluralismo tecnológico para hacer uso de productos y procesos con diferentes niveles de productividad son las únicas

opciones capaces de satisfacer tanto las restricciones económicas como las demandas sociales reales de la mayoría de los países en desarrollo. Naturalmente, esta opción es menos prestigiosa y al mismo tiempo más difícil de implementar que otra en que las tecnologías avanzadas sean importadas, sin que importe su costo. Por otro lado, es la que posibilitará extender las mejoras en higiene, vivienda, nutrición, salud y empleo a una mayor parte de la población antes que a un grupo limitado que se aproveche de un proceso de crecimiento acelerado en unos pocos y pequeños sectores de la economía.

En cuanto a otro tema inevitable, la investigación básica, es evidente que muy pocos países en desarrollo cuentan con la infraestructura necesaria (en recursos humanos, físicos o financieros) para aportar más que marginalmente al progreso científico. Me refiero a la ciencia tal como la promueve y la entiende la "comunidad científica internacional", en la que los criterios, tópicos y objetivos son definidos casi exclusivamente por los laboratorios universitarios o privados de los países industrializados líderes. En este contexto, la noción de una ciencia "relevante" es algo contradictoria: hay ciencia "excelente" y nada más, excepto prácticas científicas indiferentes según los criterios, tópicos y objetivos de la "ciencia internacional".

Esto no significa que no existan laboratorios y equipos de investigación "de nivel internacional" en algunos países en desarrollo. Significa, en síntesis, que la investigación académica se ocupa de tópicos y valores de investigación que motivan a los mejores laboratorios de los países industrializados, en tanto que en muy pocos países en desarrollo la investigación académica puede operar en circunstancias que no resulten precarias, totalmente diferentes de las que se gozan en el modelo al que quieren emular.⁴ Pero tampoco significa que no haya lugar para otro tipo de investigación básica, dirigida a la situación local. Por ejemplo, la ciencia puede ayudar a proporcionar una mayor comprensión de los principios y procesos subyacentes, implícitos en la conversión o la fermentación de biomasa o en la lucha contra las enfermedades tropicales.

Desafortunadamente, hay que admitir que los tópicos de investigación que encaran los problemas específicos de los países en desa-

⁴ Sobre la situación específica de los científicos en el Tercer Mundo, el mejor análisis es el de Jacques Gaillard, *Scientists in the Third World*, tesis de doctorado, CNAM, París, 1989, publicada en inglés por Kentucky University Press, 1991. Véase, del mismo autor. "Les chercheurs des pays en développement", *La Recherche*, No. 189, junio de 1987, y "La science du Tiers Monde est-elle visible?", *La Recherche*, No. 210, mayo de 1989.

rrollo no estimulan a la comunidad científica internacional. El *establishment* científico es, por naturaleza, elitista: al igual que en los países ricos, en los países pobres la ciencia no está dirigida a ayudar a los pobres sino a desarrollar el conocimiento. Los aportes de la investigación básica al bien de la humanidad llegan pasando por tortuosos e impredecibles caminos en los que la investigación no estaba destinada, al comienzo, a resolver los problemas sociales.

No estoy diciendo (y ésta es una calificación importante) que los países en desarrollo deban ignorar semejante objetivo de investigación, siempre y cuando los laboratorios y los equipos de investigación estén preparados y tengan el apoyo necesario para recibir programas que persigan semejante objetivo; este objetivo tiene a la eternidad en mente y no tiene interés directo ni impacto alguno sobre las actuales circunstancias socioeconómicas. Lo único que estoy diciendo es que el tropismo* de la ciencia internacional lleva en muchos países en desarrollo a dos excesos: primero, demasiada investigación dirigida a tópicos que están muy lejos de ser los problemas más urgentes; y segundo, demasiados científicos que ni siquiera están interesados en solucionar estos problemas.

Es típico del subdesarrollo, de hecho, que se forme demasiada gente muy altamente calificada en comparación con los recursos y disponibilidades existentes, y muy pocos técnicos y administradores de nivel medio, comparados con las necesidades reales de la sociedad. La mera expansión del sistema de educación superior conlleva el riesgo de agravar la distorsión entre la necesidad más urgente de personal técnico de nivel medio y la inútil provisión de científicos de alto nivel: alcanza con pensar en la India, donde las tasas de desempleo y emigración de científicos están entre las más altas del mundo. El tipo de formación científica que suele encontrarse en los países en desarrollo, basada en el modelo de las instituciones líderes de Occidente, es claramente el menos adecuado para las circunstancias locales, tanto en lo que hace a su contenido como en cuanto a los objetivos de los programas.

La investigación básica ayuda a desarrollar aptitudes que posibilitan la comprensión de la forma en que funciona el sistema tecnológico y consecuentemente de la forma de aprovecharse de él, pero no es esencial para usar la tecnología en cuestión. Es, de hecho, indispen-

* Tropismo es la tendencia de una planta o de un animal a moverse en respuesta a un estímulo externo, ya sea por atracción o por repulsión. (N. del T.)

sable para comunicar los últimos avances a aquellos que se hallan a la vanguardia del descubrimiento científico; no se necesita para enseñar principios científicos a gente que simplemente los aplicará en su propio trabajo práctico. El arte de aplicar ese tipo de competencia, que por supuesto se asocia cada vez más a una formación científica, es obviamente más relevante para el desarrollo que la ciencia básica por sí misma o por la comunidad científica internacional. Aprovechar la ciencia y la tecnología para el desarrollo implica, en mi opinión, evitar los peligros de la trivialización de la investigación por un lado y de la irrelevancia por el otro.

La ingeniosidad de los japoneses es legendaria tanto en las tecnologías tradicionales como en las muy avanzadas, desde la electrónica hasta las biotecnologías. Pero esta fama le debe poco a la investigación básica. El asombroso éxito técnico e industrial de Japón ha involucrado, hasta ahora, aportes menores al progreso científico como tal. Y esto es mucho más cierto en el caso de países recientemente industrializados como los "cuatro pequeños dragones" de Asia, cuyo desempeño en la innovación técnica no estuvo precedido ni acompañado por logro alguno en la "ciencia internacional". La mayoría de sus logros estuvieron vinculados a calificaciones obtenidas en escuelas técnicas más que en laboratorios universitarios.

Esto no significa que estas calificaciones no fueran científicas; ciertamente, en gran medida lo eran. Simplemente significa que la mano de obra que ayudó directamente a la expansión económica de Japón no estaba comprometida en la investigación básica. Si la situación japonesa está empezando a cambiar, se debe indudablemente a la creciente complejidad del sistema tecno-industrial, que hasta ahora se ha manejado por medio de la imitación técnica más que de la creación científica, pero que actualmente requiere un mayor aporte de la investigación. Pero también se debe a que la prosperidad económica del país, conseguida como resultado de su control del sistema técnico, ha permitido que este cambio se produzca, antes que requerir una evolución semejante.

Es en el largo plazo cuando el papel de la ciencia se torna crucial como factor de cambio educativo, cultural, social e institucional. En el mediano plazo, la capacidad innovadora de un país determinado es consecuencia más de una reserva generalizada de competencias técnicas que de la producción de una élite científica. Desde este punto de vista, la mayor parte de los países en desarrollo depende, para su desarrollo económico, de tener una gran cantidad de empresarios y cuadros intermedios (posiblemente bien preparados en tecnología así

como en gestión) mucho más que de tener una gran cantidad de investigadores adámenle caucados en los campos científicos más avanzados.

Finalmente, nunca se insistirá lo suficiente en la elección de las prioridades, que juegan un papel esencial en la adaptación de las nuevas tecnologías a las necesidades, restricciones y condiciones nacionales. En general, estas necesidades son bien conocidas, desde la producción y la distribución de alimentos, la higiene y la salud, hasta los problemas urbanos, los desechos industriales y el control ambiental. El desarrollo de la infraestructura básica necesaria debería reflejar la voluntad para definir e implementar estrategias de desarrollo que estén en armonía con el ambiente, conserven la base de recursos físicos e incluyan nuevos enfoques de la educación y los servicios. Vinculada con esto, la noción de ciencia como recurso básico para el desarrollo se refiere una vez más a todo el sistema de disciplinas, que abarca desde las ciencias naturales hasta la ingeniería y las ciencias sociales. De hecho, la gestión tecnológica requiere mayores aportes de las ciencias sociales, que tienen que jugar un papel crucial en la formulación e implementación de políticas y programas tecnológicos para satisfacer los diferentes desafíos.

La cuestión es que el cambio técnico no es (ni debería ser tratado nunca como si lo fuera) un fin en sí mismo: es un medio para alcanzar objetivos económicos y sociales mayores. El dominio del cambio técnico y de la tecnología misma conforman un proceso social en el que individuos y grupos hacen elecciones sobre la asignación de recursos extremadamente escasos. Existe el dicho: "Dime con quién andas y te diré quién eres"; en lo que respecta al desarrollo y a los usos de los recursos técnicos y científicos, podría reformularse así: "Dime qué estás investigando y qué innovaciones te atraen y yo te diré lo que realmente te preocupa". Por esto quienes toman las decisiones en el Tercer Mundo, incluso más que en los países industrializados, deben ser muy conscientes de la necesidad de adaptar los esfuerzos científicos y técnicos a las circunstancias específicas de cada país que pretenda delinear su desarrollo general. Desde este punto de vista no puede minimizarse la influencia que debería tener la comunidad científica y tecnológica en quienes toman las decisiones (dando por sentado que debería tener acceso a ellas) para garantizar que las elecciones y las prioridades en investigación e innovación sean las adecuadas para las necesidades reales de cada país.

Es aquí donde los métodos que se han desarrollado en el marco de la evaluación de la tecnología son especialmente apropiados para ayudar al proceso de diseño de políticas. El propósito es concentrar los escasos recursos de manera de maximizar los beneficios y minimi-

zar los impactos desestabilizadores negativos. Esta es otra dimensión de la importancia de la gestión tecnológica para el desarrollo socioeconómico: la preocupación por prestar máxima atención a las deficiencias posibles, para no tomar decisiones de inversión erradas y evitar los peligros de conflictos sociales, y al mismo tiempo para aprovechar al máximo los aspectos beneficiosos y las nuevas posibilidades abiertas por la innovación. Una forma altamente eficiente de proporcionar a los diseñadores de políticas la información cuantitativa y cualitativa necesarias para una mejor articulación de la ciencia, la tecnología y el desarrollo consiste en alentar la formación de equipos de investigación nacionales y -mejor aún- regionales y desarrollar actividades de evaluación tecnológica en estrecha vinculación con estudios de futuro.

Aunque puede parecer cara y difícil de implementar, semejante función parece mucho más necesaria en el caso de los países en desarrollo: lo que está en juego es encontrar el mejor camino (para mantener el equilibrio o corregir el desequilibrio) entre la necesidad de innovar, de adaptar el cambio técnico y de modernizar las estructuras sociales, por un lado, y la necesidad de preservar el ambiente, elegir las soluciones técnicas que resulten adecuadas para las condiciones locales y defender la coherencia de las raíces culturales, por el otro. Esto implica que el proceso de una evaluación de esta naturaleza (llámemosla evaluación social de la tecnología más que, simplemente, evaluación tecnológica) no depende exclusivamente de los especialistas de cualquier campo determinado: los que no son expertos tienen algo que decir sobre el tema.

Por el contrario, la regulación de la tecnología no puede reducirse a un debate técnico sobre cuestiones técnicas: el cambio técnico provoca un debate que involucra cierta elección de valores y cierta concepción del desarrollo económico y social. Con bastante frecuencia, cambios repentinos y mal planificados han causado fuertes reacciones con consecuencias impredecibles.⁵ De hecho, las consecuencias de largo alcance del complejo funcionamiento de la tecnología contemporánea requieren una mayor *socialización* del progreso técnico: los cambios estructurales provocados por la revolución industrial en sus primeros tiempos no fueron resultado de negociaciones y quizás no podrían haberlo sido, ya que la democracia recién se encontraba en

⁵ Véase Denise Fauvel-Rouif (ed.), *Innovation technologique et civilisation*, París, CNRS, 1989, que presenta en francés e inglés varios ejemplos en todo el mundo de las dificultades y resistencias

su infancia en muchos países. Actualmente, la naturaleza y la escala de algunos desarrollos científicos y tecnológicos presuponen controles que toda la sociedad debería ocuparse de formular, en la medida en que esto fuera posible. Si no, el resultado podría ser (y a veces lo ha sido, por ejemplo con respecto a la energía nuclear en los Estados Unidos) un congelamiento en la toma de decisiones políticas y el progreso técnico. Brevemente, es cuestión de mejorar las condiciones en las que se negocian el ritmo y la dirección de los cambios técnicos.

El poder de quienes toman las decisiones (los políticos, pero también los administradores y los expertos técnicos) y el margen para la intervención o el control disponible para individuos o grupos están lejos de encontrarse bien balanceados. ¿cómo puede uno hacerse oír y asegurarse de tener voz en un proceso de toma de decisiones que parece cada vez más autónomo y esotérico porque depende cada vez más de conocimientos y prácticas científicas? El crecimiento de grupos de presión y de movimientos populares no sólo es indicador del interés público sino también de las dificultades que enfrentan los mecanismos políticos tradicionales (en particular los parlamentarios) al encarar los nuevos problemas de los cambios técnicos. El vínculo entre el creciente desencanto político en las sociedades industrializadas y su dependencia de la tecnología me parece evidente. La exigencia de un compromiso más directo en la toma de decisiones expresa la necesidad de mayor democracia y control, que busca fuentes de legitimidad ajenas a las de la "tecnoestructura", es decir, que las reglas del juego no deberían ser definidas únicamente por los administradores, los especialistas y los expertos técnicos.

¿Es correcto decir que cuanto más ricas y cómodas se tornan las sociedades, más temor les tienen a los riesgos y más se preocupan por la seguridad? Sabemos que no es posible acomodarse en el sillón y declarar que toda innovación es buena: las víctimas de la talidomida, de Minamata, Seveso, Bopal o Chernobyl están allí para recordarnos que el costo humano y social del proceso (o de algunas clases de procesos) de industrialización puede ser enorme. Nuevos controles o el refuerzo de las reglamentaciones existentes marcan un punto de inflexión en las actitudes individuales y grupales que la *tecnoestructura* (ya sea estatal o privada) debe tener en cuenta. El choque entre la

provocadas por el proceso de industrialización y la introducción de innovaciones tecnológicas. (Los informes han sido preparados bajo los auspicios de la *International Commission of the History of Social Movements and Structures* y la UNESCO.)

lógica tecnocrática y la *lógica democrática* tiene un costo que puede parecer elevado a quienes toman las decisiones, pero siempre será menor que el que habría que pagar si no hubiera intentos de previsión o regulación.

Es fácil percibir por qué la idea de "evaluación social" de las tecnologías ha salido victoriosa en la mayoría de los países por sobre el concepto original de evaluación de la tecnología: en tanto que este último limitaba la evaluación al campo de los especialistas, el primero supone que el público debe tener voz. Este supuesto de que las decisiones son cuestiones negociables con los sectores sociales sólo puede recibir un nombre: democracia. De hecho, no hay espacio en los regímenes totalitarios para una evaluación social de la tecnología, ya que no sólo esos sistemas, por definición, no tienen en cuenta la opinión de las minorías sino que, además, basan la razón para sus decisiones exclusivamente en la capacidad técnica. Y ahí radica la paradoja: hasta ahora, las catástrofes tecnológicas y los desastres ecológicos más dramáticos los han sufrido países que han tratado de organizar sus economías científicamente, sobre la base de una planificación estricta; en cambio, en los países donde se ha impugnado cada vez más al Estado de Bienestar, donde ha habido una creciente tendencia a confiar en las fuerzas del mercado y la desregulación, la evaluación social de la tecnología ha progresado sustancialmente tanto en términos institucionales como metodológicos.

Esta paradoja ilustra tanto la *vulnerabilidad* de las sociedades democráticas como su *capacidad* de adaptarse a los cambios técnicos. Los países que tratan de minimizar las pérdidas y maximizar las ganancias no son necesariamente timoratos sino que pagan muy cara su voluntad de permitir el debate público. Están obligados a adaptarse a los cambios intentando salvar la brecha entre las iniciativas del aparato político/gubernamental y las aspiraciones de la sociedad. El precio que pagan se refleja en las controversias públicas, las demoras, las impugnaciones y los rechazos. Los tecnócratas, empresarios y algunos políticos evitarían con gusto todo este escándalo, que permite que la gente que "no sabe nada del tema" exprese sus opiniones y ponga en peligro planes que, en opinión de los expertos técnicos, son perfectamente válidos y extremadamente urgentes. Este debate también se ha vuelto parte, actualmente, del proceso de desarrollo, y no hay organismos de diseño de políticas que puedan evitar o no satisfacer sus desafíos.

Sin embargo, la cuestión de los umbrales de riesgo plantea también el tema de los límites del control: ¿hasta qué punto puede haber control sobre los elementos impredecibles en la difusión de una inno-

vación técnica? ¿No es una fantasía de las sociedades industriales pensar que pueden aprovecharse del azar y lograr por medios "científicos" que el Destino actúe totalmente a su favor? Si se hubieran identificado *ex ante* todos los posibles efectos negativos, pocos de los grandes avances técnicos de los últimos tiempos (desde la televisión hasta la píldora anticonceptiva, desde la energía nuclear hasta la tecnología espacial) habrían superado la barrera de las reglamentaciones o la resistencia pública. La pregunta de cuál es el nivel de riesgo aceptable no es neutral, y sabemos que la respuesta varía según los intereses del caso, la presión que un grupo pueda aplicar sobre los otros para hacerlos "tragarse la píldora", los efectos perniciosos que sólo unos pocos pueden llegar a sufrir en tanto que la mayoría sólo percibe los beneficios (o viceversa, las ventajas para un pequeño grupo contra las aparentes desventajas para la mayoría). La respuesta queda abierta pero, sin embargo, se *debe elegir entre la parálisis y la catástrofe*.

La arrogancia de los expertos técnicos y los *lobbies* que pretenden imponer sus soluciones, a cualquier costo y riesgo, es suficientemente mala. Pero también lo son la inercia y el miedo al cambio en algunos círculos. Actuar significa correr riesgos, y si uno no quiere correr riesgos puede quedar definitivamente fuera de la carrera. Comencé citando a A. Hirschman. Quisiera terminar citándolo una vez más. Quienes toman parte en la evaluación social de la tecnología siempre deben tener en cuenta el principio de Albert Hirschman de la "mano que oculta", principio que, creo, no es menos importante que el de la "mano invisible" en economía. Algo puede tener éxito no porque se hayan considerado todos los riesgos sino precisamente porque se los ha subestimado.⁶ Y si pudiéramos identificar y calcular de antemano todos los problemas que hay que superar, los costos, los desvíos que se deben evitar, ¿habría acaso esfuerzo o progreso humano de algún tipo? La "mano que oculta", que disimula los obstáculos, es *también* la que posibilita los avances. En síntesis, si el desarrollo es un viaje entre la tradición y la modernidad, la tecnología es, ciertamente, una de las locomotoras más potentes de este viaje. Pero los organismos de diseño de políticas tienen que conducir esta locomotora (con y sin la sabiduría de la mano que oculta) de manera tal que realmente sirva a las necesidades y las exigencias del desarrollo.

⁶ Albert Hirschman, "The Principle of the Hiding Hand", *The Public Interest*, vol. 6, invierno de 1967, pp. 10-23.