

De la transferencia de tecnología a la institucionalización de la ciencia y la tecnología

Aaron Segal*

Muchos son los llamados, pocos los elegidos. Los gobiernos de la casi totalidad de las 160 estados-nación independientes del mundo tienen como objetivo la creación de una capacidad científico-tecnológica propia. Sin embargo, sólo un puñado de países de Europa Occidental y Oriental y de América del Norte, además de la Unión Soviética, Japón, Australia y Nueva Zelandia, poseen esta capacidad actualmente. Todas las sociedades participan en el proceso de transferencia de tecnología, pero sólo unas cuantas han logrado pasar de la mera transferencia a la construcción y consolidación de esa capacidad interna. Diversos países, como Irán y Egipto, no han podido superar aquella etapa y muchos se encuentran en distintas fases del largo proceso que va de la dependencia de la tecnología importada a la generación de una capacidad tecnológica propia.

¿Qué supone, para un país o grupo de países, llegar a la última etapa, en la cual predomine su propia capacidad? ¿Cuáles son los factores críticos de semejante proceso y cómo operan? ¿Cómo se puede controlar éste? ¿Qué aspectos de la transferencia misma de tecnología influyen en el desarrollo de la capacidad interna? ¿Cuáles son las consecuencias de política de este proceso? Éstas son las principales cuestiones que se abordan en este texto mediante una metodología histórica y empírica que considera las diferencias culturales. Abunda la literatura al respecto, referente tanto a la transferencia tecnológica como a la capacidad endóge-

na en ciencia y tecnología.¹ También se utilizaron los estudios disponibles sobre experiencias específicas de varios países con el objetivo explícito de extraer generalizaciones más universales que nacionales. Un escollo para lograrlo sería que las experiencias de un país son propiamente *sui generis*, del tal suerte que lo que funcionó en Japón puede ser inoperante en la India o viceversa. No se plantea, sin embargo, que haya un camino mejor para ir de la importación de tecnología a la generación de una capacidad interna. Empero, implica que los responsables de formular las políticas pueden aprender varias cosas—qué hacer o qué no— cualquiera que sea el camino escogido.

La transferencia de tecnología es una constante en la historia del hombre. La mayoría de las sociedades han sido, en diferentes épocas, tanto exportadoras netas como importadoras netas de tecnología. Sin embargo, desde el siglo XVIII, Europa Occidental, y después América del Norte y más tarde Japón, han sido mayormente exportadores, mientras África, América Latina, el Medio Oriente, Asia del Sur y el Lejano Oriente han sido sobre todo importadores. Este desequilibrio se explica porque los exportadores construyeron primero su capacidad científico-técnica nacional y la consolidaron y mantuvieron. Cualquier restablecimiento del equilibrio será efecto directo de la transferencia, que conducirá a la institucionalización de la ciencia y tecnología (CT) en otras partes del mundo. El historiador Walt Rostow intentó delimitar las etapas de industrialización de diversos países (véase la gráfica 1). No es necesario admitir esa periodización para saber que hay quienes llegaron primero, quienes lo hicieron después y quienes

1. C. Cooper, *Policy Interventions for Technological Innovations in Developing Countries*, World Bank Staff Paper 441, Washington, Banco Mundial, 1982.

* Profesor de ciencias políticas de la Universidad de Texas en El Paso. Este trabajo es la versión revisada del que se recogió en John R. McIntyre y Daniel S. Rapp (eds.), *The Political Economy of International Technology Transfer*, Greenwood Press, 1986. [Traducción del inglés de Raymonde Deminieux.]

CUADRO 1

Distribución mundial de la capacidad en ID, 1973

Región	Financiamiento (miles de millones de dólares)	Participación en el total mundial (%)	Ingenieros en ID (miles)	Participación en el total mundial (%)
Países en desarrollo	2.77	2.9	288	12.6
África (incluyendo Sudáfrica)	0.30	0.3	28	1.2
Asia (incluyendo a Japón)	1.57	1.6	214	9.4
América Latina	0.90	0.9	46	2.4
Países desarrollados	93.65	97.1	1 990	87.4
Europa Oriental (incluyendo a la URSS)	29.51	30.6	730	32.0
Europa Occidental (incluyendo a Israel y Turquía)	21.42	22.2	387	17.0
Estados Unidos y Canadá	33.72	35.0	548	24.1
Otros (incluyendo a Japón y Australia)	9.01	9.3	325	14.3
Total mundial	96.42	100.0	2 279	100.0

Fuente: C. Norman, *Knowledge and Power: The Global Research and Development Budget*, Worldwatch Institute, Washington, 1979, p. 10 (basado en la investigación de Jan Annerstedt).

llegaron muy tarde a la industrialización y a la creación de CT propias. De modo similar, la difusión interna de la tecnología transferida y el establecimiento de instituciones científico-tecnológicas propias ha sido muy desigual en los distintos países. La India es hoy uno de los muchos casos en donde tecnologías e instituciones muy avanzadas coexisten estrechamente con otras muy rudimentarias, como sucedió durante el siglo XIX en buena parte de Europa y América del Norte durante el proceso de industrialización.²

Definiciones

Hay diversas maneras de determinar la existencia de una capacidad nacional de CT. En este estudio se destacan cinco criterios empíricos:

1) El gasto absoluto y relativo en investigación y desarrollo experimental (ID), tanto civil como militar. Actualmente, una inversión de cuando menos 100 millones de dólares anuales y 0.005% del PIB es quizá el mínimo requerido para crear una capacidad nacional en esta materia. Cantidades inferiores aplicadas a ciertos sectores podrían contribuir a crearla, pero el país continuaría siendo extremadamente dependiente de la tecnología extranjera. Sin embargo, no hay una cifra absoluta o relativa de gasto que garantice la capacidad de un país y es una quimera tratar de lograr objetivos numéricos, tal como lo proponen la UNESCO y otros organismos.

2) La aptitud para reponer e incrementar con regularidad el acervo de científicos e ingenieros de las instituciones nacionales. En vista del mucho tiempo requerido para preparar recursos humanos en ID, se deben tomar las medidas necesarias para reemplazarlos y para aumentar su número o compensar su pérdida por desgaste y otros factores. Japón, China y otros países han recurri-

do durante varias décadas a la práctica de enviar estudiantes al extranjero, pero esto sólo puede ser un medio y uno con muchas consecuencias desfavorables que incluyen la posible "fuga de cerebros". Sin duda, casi todos los países seguirán enviando algunos de sus mejores individuos a estudiar en el extranjero; sin embargo, una condición *sine qua non* para reemplazar y acrecentar sus recursos humanos es que sus propias instituciones preparen suficiente personal de calidad. De esta condición se desprenden muchas consecuencias importantes para las políticas en la materia.

3) La institucionalización se logra cuando un importador neto de tecnología se vuelve exportador de CT aunque su balanza externa de tecnología sea desfavorable. Estas exportaciones de tecnología deberían consistir en servicios de ingeniería y diseño del país, distribuidos por empresas nacionales, transnacionales o por combinaciones de éstas. Las exportaciones de las maquiladoras que utilizan componentes importados no cumplen con lo anterior sino hasta que éstos se empiecen a producir internamente por medio de encadenamientos hacia atrás.

4) La institucionalización se produce cuando los científicos y los técnicos nacionales contribuyen al acervo mundial de conocimientos mediante registros, patentes, licencias, presentación de ponencias en encuentros internacionales, publicaciones en revistas de circulación mundial y otros medios. Los países pueden permanecer como importadores netos de conocimientos, como la mayoría de los países desarrollados más pequeños, pero necesitan poseer ciencia y tecnología exportables.

5) Se dice que hay institucionalización cuando la gente del país realiza investigación aplicada para resolver problemas *in situ* que no se pueden estudiar cabalmente desde el exterior. Esas actividades requieren por lo general de institutos de investigación, equipos interdisciplinarios, financiamiento continuo por un largo período y gestión dirigida a la agricultura, la hidrología, la silvicultura, la ecología, la geología, la entomología, la ganadería y otros problemas genéricos del país. La falta de tal capacidad se refleja en la importación de investigaciones e investigadores para abordar los problemas que se pueden estudiar mucho mejor en terreno propio.

2. A.G. Kenwood y A.L. Lougheed, *Technological Diffusion and Industrialisation Before 1914*, St. Martin's, Nueva York, 1982.

CUADRO 2

Investigación y desarrollo en el Hemisferio Occidental, 1980

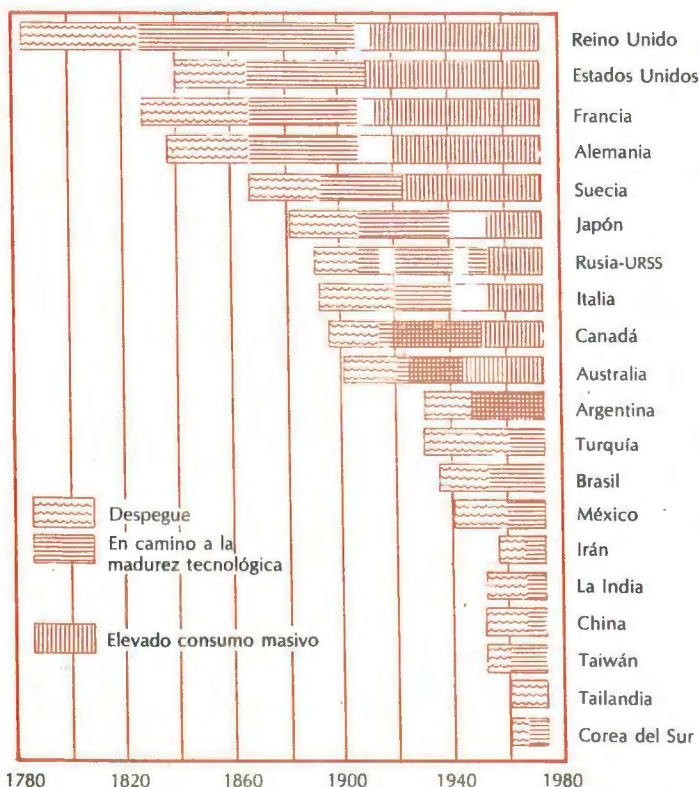
Pais ¹	Investigadores (equivalente de tiempo completo)	Gastos de ID (millones de dólares)	ID como porcentaje del PIB	Exportaciones de tecnología (porcentaje de las exportaciones totales)
Estados Unidos	600 00	65 000	2.5	60
Canadá	35 000	1 200	1.1	30
Brasil	12 000	800	0.8	25
México	8 000	600	0.7	15
Argentina	7 000	400	0.6	20
Venezuela	3 000	250	0.4	5
Colombia	2 000	90	0.3	15
Chile	2 000	75	0.2	15
Cuba	1 500	50	0.25	5

1. Los otros 20 estados independientes del Hemisferio Occidental tienen cada uno 500 investigadores o menos, gastan anualmente diez millones de dólares o menos en ID, equivalentes a menos de 0.1% del PIB, y sus exportaciones de tecnología representan de 0 a 20 por ciento del total de sus exportaciones. Por tanto, la naturaleza de los problemas de CT de los estados más pequeños son fundamentalmente distintos. Las cifras del cuadro son aproximadas; se elaboraron con base en información de los programas nacionales de CT de la OCDE, la UNESCO y la National Science Foundation, de Estados Unidos. Hay poca información sobre la ID industrial pragmática en América Latina y es probable que la ID del sector privado se haya subestimado.

Fuente: A. Segal, "Science, Technology and Western Hemisphere Governance", en *Governance in the Western Hemisphere*, V.P. Vaky (ed.), Praeger, Nueva York, 1984, p. 472.

GRÁFICA 1

Etapas del crecimiento económico de 20 países



Definiciones complementarias

Si bien los cinco criterios anteriores sirven para saber hasta dónde llega la capacidad en CT formal de un país —financiamiento, recursos humanos, flujos de comercio e información, e investigación aplicada—, para medir la capacidad informal se requieren otros criterios. Es probable que estas virtudes y debilidades informales sean más importantes que las formales para alcanzar una capacidad nacional, aunque es más difícil detectarlas y cuantificarlas.

El historiador de la economía Natan Rosenberg analizó magistralmente los medios informales para lograr la capacidad nacional.³ Todos los países que se industrializaron en el siglo XIX los emplearon, y se sabe que los de industrialización más tardía los aplicaron también. Sin embargo, por tratarse casi siempre de "mañas del oficio" no siempre aparecen en las cifras oficiales de ID.

1) "Aprender en la práctica." Este aprendizaje se da en la fase de manufactura, una vez concluida la etapa de ID, y supone mejorar cada vez más la producción y reducir así los costos unitarios. "Aprender haciendo" no requiere un aparato científico caro y con personal muy preparado, sino un ambiente empresarial innovador y práctico.

2) "Aprender mediante el uso." Esto puede significar hacer una ingeniería a la inversa, es decir, desarmar un bien de capital u otro tipo de tecnología. Esta manera de aprender se ve impulsada por las restricciones de divisas, la escasez de refacciones, la posibilidad de lograr ahorros mediante un mejor mantenimiento, las modificaciones sencillas de diseño o los cambios al equipo hechos sobre la marcha.

3. N. Rosenberg, *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge University Press, Nueva York, 1982.

Fuente: W.W. Rostow, *The World Economy. History and Prospect*, University of Texas Press, Austin y Londres, 1978, p. 51.

3) Pequeñas mejoras técnicas. A menudo entrañan disminuciones de costos gracias a mejoras de ingeniería.

4) Reducciones de costos mediante mejoras en el mantenimiento y la confiabilidad.

5) Perfeccionamientos tecnológicos que generan adelantos científicos. Esto ocurre, en particular, con el instrumental científico, la óptica, etcétera.

6) Las relaciones entre industrias se incrementan a medida que los contratos o subcontratos interindustriales requieren aumentar los controles de calidad para satisfacer nuevas demandas.

El trabajo de Louis Wells Jr.⁴ sobre las empresas transnacionales del Tercer Mundo y el estudio detallado de Jorge Katz sobre estos aspectos informales en Argentina, así como otras investigaciones, confirman la importancia de la capacidad informal.⁵ Su ausencia es la mejor prueba de que no existe capacidad nacional de CT, a pesar de lo que digan las cifras de la inversión en ID institucional. La marcada inclinación a gastar divisas, la utilización de proyectos "llave en mano", la dependencia de personal de investigación inmigrado, la incapacidad de dar mantenimiento a la maquinaria o de producir las refacciones en el país, son algunos de los diversos signos que indican que la transferencia de tecnología no se ha institucionalizado, a pesar de que se eroguen cuantiosas sumas.

Transferencia de tecnología

Si tantas sociedades son llamadas a la ciencia y a la tecnología, ¿por qué son tan pocas las elegidas? Según Rosenberg, "uno de los hechos más apremiantes de la historia es que las sociedades humanas se han distinguido mucho entre sí por su capacidad de generar innovaciones técnicas compatibles con sus necesidades económicas. También ha habido enormes diferencias en cuanto a la voluntad y la facilidad con que esas sociedades han adoptado y utilizado las innovaciones tecnológicas realizadas en otros países. Asimismo, cada sociedad ha cambiado considerablemente a lo largo de su historia la amplitud y la intensidad de su dinamismo tecnológico. Evidentemente, las razones de estas diferencias, que no son del todo claras, se vinculan, de manera compleja y sutil, con el funcionamiento de los principales sistemas sociales, con sus instituciones, sus valores y sus motivaciones".⁶

La aptitud para absorber tecnología con eficacia es esencial para lograr una capacidad interna, pero no la garantiza. En muchas sociedades, la transferencia de tecnología ha servido de catalizador para transformar las instituciones nacionales. A su vez, cada sociedad en proceso de industrialización empezó en el escalón más bajo del desarrollo tecnológico y fue ascendiendo en consonancia

con el aumento de su capacidad. De esta manera, la tecnología industrial se ha difundido ampliamente durante cerca de 150 años, casi sin control. Las empresas transnacionales, las de coinversión, las nacionales, las del sector público, los bancos transnacionales y nacionales, las compañías financieras y demás instituciones han sido actores de la transferencia de tecnología.

¿Por qué algunas sociedades transfirieron tecnología y desarrollaron su capacidad nacional mientras otros países no lo lograron? Rosenberg alega que "quizás el factor más definitivo y determinante de una transferencia tecnológica exitosa es la temprana adquisición de capacidad interna".⁷ En relación con esto alude a la insistencia de los japoneses en obtener desde un principio el control de la tecnología y adaptarla para reducir la relación capital-producto a fin de aprovechar sus tradicionales industrias de pequeña escala y su mano de obra abundante. Corea, Taiwán y otros países de reciente desarrollo tecnológico también se apoyaron en adaptaciones de tecnología importada que no requieren mucho capital, para ajustarse mejor a la disponibilidad de factores de cada nación. Henry Rosovsky apunta a propósito de la experiencia japonesa de perfeccionamiento tecnológico que "con frecuencia es posible realizar mejoras pequeñas y sencillas para adaptar la tecnología a las condiciones del país".⁸ Los análisis que se han hecho de las transnacionales en el Tercer Mundo confirman que la competitividad de sus costos proviene de una mejor adaptación y un mantenimiento más adecuado de las tecnologías probadas. Estos estudios empíricos corroboran que el progreso tecnológico es algo gradual que ocurre mediante numerosas y pequeñas mejoras y no por medio de grandes saltos revolucionarios. La existencia de una amplia educación popular fue probablemente más importante para los países industrializados que la presencia de unos pocos científicos geniales.⁹

Por tanto, la transferencia de tecnología es para Rosenberg "una actividad incesante. . . La trasplatación exitosa de una tecnología implica la capacidad interna de alterarla, modificarla y adaptarla de mil maneras distintas". El éxito de los japoneses se basa en que aplicaron su propia capacidad desde el inicio. Al parecer, el fundamento de sus logros "ha sido una estrategia gubernamental encaminada a implantar tecnologías extranjeras de tal modo que se fortalezcán los vínculos con la industria nacional y se propicie la aparición de una capacidad tecnológica interna".¹⁰

El surgimiento de una tecnología fincada en la ciencia y el predominio de empresas transnacionales con dirección e investigación centralizadas pueden, sin embargo, restringir el aprendizaje nacional basado en la práctica y el uso; así como otras habilidades informales. ¿Podrían los países de industrialización muy reciente, que no tienen fuertes capacidades científicas, descubrir nichos de alta tecnología en los cuales competir? ¿Seguirá el ciclo del producto favoreciendo a los que adaptan y perfeccionan tecnología pero no pueden pagar el precio para entrar en la ID?

¿Es posible manejar la transferencia de tecnología de modo tal que aliente la capacidad nacional? Es obvia la pregunta; no así la respuesta. En la mayoría de los casos, la tecnología se transfiere mediante transacciones comerciales basadas en consideracio-

7. *Ibid.*, p. 271.

8. *Ibid.*, p. 273.

9. *Ibid.*, p. 248.

10. *Ibid.*, p. 275.

4. J.T. Wells Jr., *Third World Multinationals: The Rise of Foreign Investment from Developing Countries*, Instituto Tecnológico de Cambridge, 1983.

5. J. Katz, *The Creation of Technology in the Argentine Manufacturing Sector*, Oficina de la CEPAL en Buenos Aires, 1978; *Domestic Technology Generation in LDC's: A Review of Research Findings*, Programa de Investigación CEPAL-BID-International Development Research Centre (IDCR)-PNUD, Buenos Aires, 1980.

6. N. Rosenberg, *op. cit.*, p. 8.

nes de costo a corto plazo. Cuando la transferencia de tecnología se utiliza para sustituir importaciones, el nacionalismo y las consideraciones de costo se combinan para dejar a un lado otros factores. La necesidad de conservar las divisas, de adquirir armamento avanzado, de emprender grandes proyectos y otros factores, son elementos que postergan la construcción de una capacidad nacional de CT. Los científicos e investigadores nacionales son a menudo políticamente sospechosos, o carecen de la influencia necesaria para hacer valer sus opiniones, en especial si se dedican a la ciencia básica o a la academia. Con frecuencia no se concibe la transferencia de tecnología como un medio para reforzar la capacidad nacional. El aprendizaje en la práctica y el uso es en buena medida un resultado imprevisto, una respuesta no planeada a la transferencia tecnológica.

No hay una relación clara entre el desarrollo de la capacidad nacional y muchas de las propuestas para modificar las condiciones de la transferencia de tecnología. Esto se debe a que dichas propuestas tienen otros fines; en primer lugar, mejorar la posición negociadora de los gobiernos o de las empresas de los países en desarrollo frente a las transnacionales. Por ello, establecer empresas conjuntas, limitar la participación del capital extranjero, desatar paquetes tecnológicos, reglamentar en los ámbitos nacional e internacional regalías, licencias, registro de propiedad, patentes, derechos y aplicar otras medidas reguladoras son actos cuya naturaleza es esencialmente redistributiva.¹¹ Hay pocas pruebas de que favorezcan a la ID nacional, ya sea que los realicen empresas transnacionales o nacionales. Tienden más bien a fortalecer a la burocracia que se encarga del registro y la regulación de la transferencia de tecnología.

En la India, México, Brasil y otras naciones se han promulgado leyes para regular la importación de tecnología. Esas disposiciones se han aplicado de manera muy diferente en cada sociedad, pero la pauta general es promover la sustitución de importaciones y no la adaptación tecnológica o la innovación. Brasil ha impuesto límites a la transferencia de tecnología a fin de reservar el mercado de las microcomputadoras para las empresas nacionales y de coinversión, lo que ha generado cierta actividad de ID, sobre todo en materia de programas.¹² Los intensos esfuerzos de la India en favor de la autodeterminación tecnológica propiciaron la investigación nacional en fertilizantes químicos y en otros campos, pero también mucha ineficiencia burocrática.¹³ Hay pocos indicios de que las reglamentaciones nacionales sobre transferencia de tecnología se hayan usado para seleccionar las "tecnologías más adecuadas", en parte porque las aplican burócratas que no tienen los conocimientos apropiados. ¿Cómo es posible que en la República Dominicana sean dos economistas quienes decidan, entre 5 000 solicitudes de importación de medicamentos, cuáles deben autorizarse? Las organizaciones internacionales han hecho poco para proporcionar los servicios de apoyo que se requerirían si los mecanismos nacionales de transferencia tuvieran realmente que seleccionar tecnologías.

Es probable que los tipos de cambio desempeñen un papel

11. J.L. Reiffers, *Transnational Corporations and Endogeneous Development*, UNESCO, París, 1982.

12. P. Bastos Tigre, *Technology and Competition in the Brazilian Computer Industry*, St. Martin's, Nueva York, 1983.

13. R.B. Nayar, *India's Quest for Technological Independence*, 2 vols., Lancers, Nueva Delhi, 1983, vol. 1, pp. 339-410.

más importante en la promoción de la capacidad nacional que los mecanismos oficiales de transferencia de tecnología. Las monedas sobrevaluadas, así como la facilidad para obtener divisas, estimulan la dependencia con respecto a expertos especiales, reacciones y asesores extranjeros, y desalientan los intentos de aprender mediante la práctica y el uso, así como el perfeccionamiento tecnológico y el mantenimiento realizado por técnicos nacionales. Los países exportadores de petróleo se han hecho notar por la debilidad de su capacidad nacional. Es demasiado fácil llamar a Zurich o Nueva York y conseguir a alguien que traiga una reacción. En contraste, los empresarios de origen chino que utilizan en Indonesia y en otras regiones tecnologías conocidas y probadas han estimulado la adaptación nacional.

Es posible determinar cuáles formas de transferencia tecnológica son mejores o peores para la capacidad interna. Las empresas transnacionales que transfieren tecnologías ya probadas a mercados protegidos no estimulan el aprendizaje o la ID nacionales. Las empresas nacionales, incluyendo las del sector público, que emplean tecnologías comprobadas en mercados internos muy protegidos, tienen también pocos incentivos para realizar adaptaciones. Asimismo, los paquetes atados de tecnología que dejan las decisiones al proveedor desalientan la capacidad propia.

Las transferencias sin excesivas condiciones entre transnacionales de países ricos y empresas nacionales han sido provechosas en la India, Taiwán, Corea del Sur y otros países para estimular la innovación. El mismo efecto tienen las empresas de coinversión dedicadas a exportar desde países en desarrollo, que destacan el control de calidad. Al parecer, la regla consiste en que las transnacionales de los países ricos tengan un interés económico directo en promover el aprendizaje interno, o bien estén suficientemente alejadas para que las empresas nacionales puedan hacer libremente sus propias adaptaciones o modificaciones.

Las compañías transnacionales han mostrado poco interés en facilitar la creación de la ID en los países dependientes, si bien éstos disponen, a veces, de investigadores calificados a bajo costo.¹⁴ El tamaño de sus mercados y sus prácticas administrativas les obligan generalmente a centralizar la investigación en unos cuantos lugares. Sin embargo, pocos gobiernos o empresas de países en desarrollo han tratado de vincular la transferencia de tecnología a la ID nacional por medio de permisos, incentivos fiscales u otros instrumentos. Obviamente, se debe empezar por la agricultura, en particular por los utensilios agrícolas y los fertilizantes, cuyos costos de investigación aplicada pueden reducirse conforme se avanza en el proceso. Hoy día, los principales gastos de las transnacionales en ID en los países en desarrollo se dedican a la explotación de petróleo, gas y minerales, con frecuencia con muy escasa participación nacional.

Transferencia de capacidad

La transferencia de tecnología destinada específicamente a construir una capacidad institucional en ciencia y tecnología pertenece a otra categoría. Su historia es larga y notable, e incluye las misiones europeas a Egipto y al imperio otomano en el siglo XIX, las escuelas extranjeras de medicina establecidas en China a prin-

14. National Science Foundation, *Science Indicators 1982*, Washington, 1983, pp. 25-26.

cipios del siglo XX, las iglesias protestantes estadounidenses que fundaron la Universidad Americana de Beirut, el Roberts College en Estambul, y muchos otros. Durante el último decenio, por ejemplo, el Banco Mundial y otros donantes han procurado impulsar el establecimiento de instituciones de investigación agrícola en diversos países para formar una red de trabajo con los 11 centros internacionales de investigación en este campo. La experiencia de los países en desarrollo en la creación de instituciones de CT por medio de transferencias externas es enorme, pese a lo cual se le ha prestado poca atención. Con frecuencia se combina con otras modalidades de ayuda externa y su importancia se pierde.

Por otra parte, se ha subrayado demasiado la transferencia y no se ha atendido suficientemente a las innovaciones de las instituciones internas. Con ayuda externa se han fundado varias docenas de versiones africanas de universidades francesas y británicas que realizan escasa innovación institucional. La India ha actuado mucho mejor en la transferencia y adaptación, con ayuda externa, de instituciones inspiradas en el Instituto Tecnológico de Massachusetts o en la Escuela de Economía de Londres. En América Latina la innovación institucional la llevan a cabo centros de investigación no académicos que reciben ayuda de las fundaciones o de los gobiernos nacionales. Las universidades latinoamericanas, abrumadas por los conflictos internos, se han resistido a la innovación. Empresas familiares en Taiwán, Corea del Sur, Hong Kong y otras regiones de Asia son proclives a la innovación institucional, mientras que empresas similares en América Latina y el Medio Oriente no han tenido el mismo éxito.¹⁵ Sin duda, aprender las mañas del oficio da mejores resultados en ciertos ambientes administrativos que en otros.

Es mucho más difícil transferir capacidad institucional que tecnologías específicas. Una infinidad de países en desarrollo ha recibido equipo telefónico. Pocos han sido capaces de darle mantenimiento, sin hablar de aprender creativamente a utilizarlo. El Banco Mundial, en un informe sobre la investigación agrícola, sostiene que:

"El país que no es capaz de realizar investigación por sus propios medios se beneficia poco de la investigación que se hace en otro lugar. La capacidad de un país en desarrollo para seleccionar, absorber y adaptar el conocimiento científico y la tecnología requiere esencialmente la misma capacidad de investigación que se necesita para generar nueva tecnología. Sin embargo, hasta ahora pocos sistemas nacionales han desarrollado la capacidad técnica y administrativa suficiente para absorber y adaptar, en forma eficaz, el saber y la tecnología que están a su alcance gracias a los centros internacionales y los institutos de investigación de los países desarrollados."¹⁶

Los 11 centros internacionales mencionados, con un presupuesto anual de más de 100 millones de dólares, han preparado científicos de diversos países, pero no han ayudado de otra manera a establecer instituciones en éstos. A diferencia de la transferencia de tecnología industrial en que los burócratas pueden aplicar las disposiciones regulatorias, la transferencia de tecnología agrícola requiere científicos y técnicos nacionales que también se necesitan en la investigación.

15. L.T. Wells Jr., *op. cit.*, pp. 81-82.

16. Banco Mundial, *Agricultural Research, Sector Policy Paper*, Washington, 1981, pp. 25-26.

La adquisición de tecnología por medio de la educación y de la capacitación fuera del país, o del establecimiento de institutos de investigación inspirados en los de países desarrollados, son medios problemáticos de promover la capacidad interna. Los individuos y las ideas viajan mejor que las instituciones. Las personas que estudian en el extranjero pueden ser "agentes de cambio" eficaces, pero no necesariamente creadores de instituciones. Dos generaciones de científicos chinos educados en el exterior fueron capaces de sobrevivir a la revolución cultural y de mantener vivas la ciencia y la tecnología, pero no pudieron capacitar a sus sucesores. China tuvo entonces que enviar otra generación de científicos al extranjero para formar a los directivos de sus instituciones en dificultades. En Egipto, Irán y Turquía se da un flujo inverso de científicos e ingenieros, ya que éstos salen de esos países mientras las instituciones se tambalean. Los esfuerzos externos para crear instituciones dedicadas a la ciencia y a la tecnología presentan una larga lista de fracasos. Los centros internacionales de investigación agrícola y otros similares han sido cuidadosamente aislados del ambiente nacional y sólo existen como oasis científicos, muy poco vinculados con el personal autóctono.

El Banco Mundial ha subrayado el fracaso de la transferencia de investigación agrícola de la siguiente manera: "Los programas nacionales de investigación son usualmente los eslabones más débiles del esfuerzo de investigación global. Entre las deficiencias más comunes están una excesiva dispersión de las actividades de investigación entre las dependencias gubernamentales, la poca importancia que los gobiernos conceden a la investigación y las inadecuadas estructuras institucionales para la investigación y el extensionismo. . . La ayuda externa para reforzar los sistemas nacionales debe considerar el tamaño del sector agrícola del país y el estado de su sistema de investigación en ese momento. Quizás sólo 10% de los países en desarrollo tiene la capacidad adecuada para la investigación, buenos programas y vínculos efectivos con las instituciones internacionales.

"Otro 10% de los países en desarrollo cuenta con personal apto para la investigación pero con frecuencia está organizado y dirigido de modo deficiente. En este grupo de países se puede necesitar ayuda externa para la organización y gestión de las tareas científico-tecnológicas. Casi la mitad de los países en desarrollo son suficientemente grandes para justificar y sostener un sistema nacional de investigación equilibrado, pero carecen de la infraestructura esencial para ello. Así, necesitan crear una organización eficaz, tener instalaciones adecuadas para la investigación y consolidar su base de personal científico para llevarla a cabo. El resto de las naciones tiene recursos muy limitados y carece de algún cultivo de suficiente importancia como para justificar un sistema completo de investigación; por ello, su necesidad principal es lograr una capacidad limitada de investigación, en gran parte de naturaleza adaptativa, para un pequeño número de cultivos de trascendencia económica."¹⁷

Los variados resultados que obtuvieron el Banco Mundial y otros donantes en la transferencia de capacidad para la investigación agrícola son equiparables a las tentativas de ciertas organizaciones de transferir capacidad para la planeación y elaboración de políticas de CT. China, la India, Brasil, Argentina, México y otros países en desarrollo empezaron estos esfuerzos en los sesenta, y aún antes; la UNESCO y la Conferencia de las Naciones Unidas

17. *Ibid.*, p. 6.

para la Ciencia y la Tecnología para el Desarrollo (UNCSTD, por sus siglas en inglés) los impulsaron en los setenta. El apogeo de esta actividad ocurrió en la reunión de la UNCSTD celebrada en Viena en 1979, en la cual los gobiernos de todos los países en desarrollo participantes tuvieron la obligación de presentar un informe sobre sus políticas nacionales de CT. Un pequeño ejército de asesores, toneladas de manuales y numerosos estudios encargados por organizaciones internacionales recalcaron la importancia de la CT para el desarrollo y la necesidad de disponer de políticas nacionales y de capacidad de planeación.

Los resultados de este ejercicio internacional de toma de conciencia fueron limitados. El inventario de los recursos de CT que realizaron muchos países como respuesta a la presión internacional fue útil para ellos, si bien mucha de la información obtenida deja lugar a dudas. Sin embargo, la UNCSTD volvió su atención con rapidez a reglamentar la transferencia de tecnología, tema en el que se polarizaron las opiniones, y no se ocupó de la capacidad nacional excepto para buscar más ayuda externa. Sólo aquellos gobiernos comprometidos desde antes de la reunión de Viena a formular una política de CT continuaron haciéndolo. La planeación de acusados rasgos centralizados y que insistía en regular la transferencia de tecnología, tal como lo recomendaban la UNESCO y la UNCSTD, no resulta practicable para la mayoría de los países, por lo que tuvo pocos adeptos.

La política de CT es un excelente ejemplo de lo difícil que es la transferencia institucional de tecnología. Aunque la experiencia de Estados Unidos, la Unión Soviética, el Reino Unido, Japón, Francia, Suecia y otros países desarrollados en materia de ciencia y tecnología tiene considerable interés y cierta pertinencia, no es aplicable en otro país ni transferible. Cuando alguna de estas experiencias se toma como modelo, como en Cuba, país que ha tratado de reproducir la ciencia y la tecnología centralizadas de la URSS, el resultado es mediocre. La política de ciencia y tecnología se elabora *in situ*, igual que la investigación agrícola para cultivar alimentos. Es más factible transferir la experiencia de México —que lleva un decenio realizando proyectos de ciencia y tecnología— a Ecuador, país que empieza apenas pero todavía no tiene un modelo propio. El intento de diversas organizaciones internacionales de exportar un modelo de política y planeación de CT no tuvo éxito y poco contribuyó al proceso de aprender en la práctica. El estudio comparativo de las políticas de ciencia y tecnología de diez países en desarrollo, financiado por el International Development Research Centre, de Canadá, fue un esfuerzo empírico mucho más cuidadoso y útil.¹⁸ Según dicho estudio, las variables económicas, como los tipos de cambio y las políticas fiscales, son más importantes para promover la capacidad científico-técnica nacional que un sistema de planeación.

Evaluación de la capacidad nacional en CT

partir de estos criterios formales e informales es posible evaluar de manera aproximada la capacidad interna de los países en desarrollo. En esta evaluación se considera también la aptitud de un país para absorber y adaptar de manera eficaz la tec-

nología que se le transfiere, y se ponderan las condiciones de las instituciones relacionadas con la tecnología. Las estimaciones que se presentan en este trabajo son arbitrarias, parciales y preliminares; se basan en datos y fuentes en extremo limitados y son deliberadamente "impresionistas". No se intentó ponderar o clasificar en orden de importancia los criterios utilizados para la evaluación. Lo que se pretende es ofrecer una instantánea, en un momento determinado, de cada país y su ubicación en una carrera que se remonta al pasado y que no tiene un final específico.

Además, en la evaluación se incluye la capacidad nacional ya lograda y al parecer permanente, esto es, la esencia misma de la institucionalización. No se reflejan los objetivos que un país quiere alcanzar con esa capacidad propia, que tanto le ha costado adquirir. Así, Brasil utiliza su capacidad de diseño e ingeniería para exportar carros blindados y jets civiles, mientras la investigación agrícola para producir alimentos está rezagada. De manera similar, la India ha logrado resultados impresionantes en tecnología espacial, nuclear y de armamento avanzado, mientras la mayoría de sus habitantes apenas puede subsistir. Maximizar el empleo, mejorar la distribución del ingreso o crear tecnología adecuada son objetivos que no pueden lograrse si no se cuenta con una sólida capacidad interna; sin embargo, ésta no necesariamente se aplica a dichos objetivos, como sucede con frecuencia. La clasificación de países que se muestra en la gráfica 2 no tiene estrecha correlación con otras metas de equidad.

La India es el único país en desarrollo que figura entre los totalmente institucionalizados.¹⁹ Es un exportador importante de productos industriales desarrollados en esa nación por transnacionales propias y ajenas, tiene excelentes universidades y centros de investigación y es capaz de ampliar y reabastecer a la comunidad científico-tecnológica que ocupa el tercer lugar en el mundo; su contribución al acervo mundial de información científica es impresionante, y es evidente su capacidad de aprender por la experiencia, de realizar innovaciones institucionales y de utilizar otras formas de adaptación tecnológica.

La debilidad de la India estriba en el escaso apoyo y poco interés que concede a las tecnologías de bajo costo e intensivas en mano de obra. Su capacidad de CT ha tenido efectos sobre todo en los centros urbanos de ingresos medios y altos y en las regiones agrícolas ricas en recursos, como el Punjab.

Los países semiinstitucionalizados están a punto de lograr una capacidad permanente y sostenible, pero aún se enfrentan a importantes obstáculos. En vista de la incertidumbre en torno a su futuro político cuando en 1997 concluya el dominio británico, Hong Kong no ha invertido en actividades de ID que se basen en la ciencia, ni en importantes centros de investigación. El futuro político de Taiwán y de Singapur es más previsible, pero estos países también deben pasar de la adaptación de tecnología a la etapa de una sólida capacidad tecnológica que se base en la ciencia. China está luchando por reponer una generación ya madura de científicos capacitados en el extranjero y ha perdido otra a causa de las barreras que la revolución cultural opuso a la investigación. También está empeñada en establecer estructuras administrativas y de organización que fomenten el proceso de aprender mediante la práctica y el uso, así como las exportaciones de pro-

18. F. Sagasti y A. Aráoz (eds.), *Science and Technology for Development: Main Comparative Report of the Science and Technology Policy Instruments Project; Science and Technology for Development: Planning in the STPI Countries*, International Development Research Centre, Ottawa, 1979.

19. R.B. Nayar, *op. cit.*, vol. 1, pp. 537-538.

GRÁFICA 2

Capacidad en ciencia y tecnología de algunos países en desarrollo, 1984

1. Totalmente institucionalizados	
La India	
2. Semiinstitucionalizados	
Brasil	Singapur
China	Corea del Sur
Hong Kong	Taiwán
3. Parcialmente institucionalizados	
Argentina	Paquistán
Malasia	Sudáfrica
México	
4. Parcialmente institucionalizados y dependientes del petróleo	
Argelia	Arabia Saudita
Irán	Trinidad y Tabago
Irak	Venezuela
Kuwait	
5. De posibilidades remotas	
Barbados	Sri Lanka
Colombia	Tailandia
Costa Rica	Turquía
Jamaica	
6. Aparentes fracasos	
Chile	Nigeria
Cuba	Filipinas
Egipto	Vietnam
Indonesia	
7. Otros	

ductos manufacturados. Su fuerza radica en la experiencia con tecnologías adecuadas, en el alfabetismo de la mayoría de la población y en su habilidad para divulgar la ciencia.²⁰ Brasil ha hecho grandes progresos en la exportación de productos desarrollados en el país y ha mejorado su investigación académica y no lucrativa, pero todavía tiene dificultad para formar a los especialistas que necesita. Otras debilidades son: falta de apoyo a la tecnología adecuada; industrias de sustitución de importaciones muy protegidas y con escasa capacidad de aprendizaje, y limitados vínculos entre usuarios y productores de la investigación. Quizás la mayor cualidad de Brasil reside en su capacidad de investigar *in situ* en asuntos tales como la cuenca del río Amazonas, y en materias como hidrología e hidroelectricidad, geología, nuevas fuentes de energía y otras.²¹

20. L. Orleans (ed.), *Science in Contemporary China*, Stanford University Press, Stanford, California, 1980.

21. S. Schwartzman, *Formação de Comunidade Científica do Brasil*, FINEP, São Paulo, 1979.

Todos los países parcialmente institucionalizados han conseguido importantes adelantos en cuanto a la CT, pero siguen sujetos a posibles reveses o al estancamiento. El pronóstico para cada país depende de muchas variables y los progresos ulteriores son inciertos.

Argentina, con su régimen electo democráticamente en 1983, intenta reparar los 20 años de deterioro de la que llegó a ser la mejor capacidad científico-técnica de América Latina. Lo que queda después de una masiva fuga de cerebros es un conjunto de investigadores que no se puede reponer a sí mismo, varias universidades y centros de investigación en ruinas, un poco de buena ciencia, una reducida capacidad para adaptar la tecnología importada y exportar los frutos del diseño y la ingeniería nacionales y una inmensa labor de reconstrucción.²²

Malasia ha logrado buenos resultados en la investigación del hule y otros productos agrícolas y empieza a adaptar tecnología y a realizar algunas exportaciones industriales. Entre sus empresarios e investigadores predominan los chinos y los hindúes, y el Gobierno, controlado por los malasios, es ambivalente en torno al papel de las minorías y el sector privado en la ciencia y la tecnología.

México ha mostrado aptitudes para exportar tecnología propia y para realizar una sólida investigación aplicada. Sin embargo, debido a los bajos niveles académicos, los investigadores a menudo deben complementar su preparación en el extranjero; además, el país padece una gran falta de personal calificado. Son escasos los vínculos entre los sectores público y privado, y entre los usuarios de CT y los investigadores, y buena parte de la investigación académica y del sector público se difunde poco. La mayor capacidad se centra en el monopolio estatal del petróleo y de la petroquímica, extremadamente burocratizado y con poca capacidad para aprender mediante la práctica y el uso. Las empresas transnacionales realizan poca ID en México y la legislación sobre transferencia de tecnología no ofrece incentivos.²³

Paquistán ha logrado la mayor capacidad de CT de los 40 estados islámicos. Es fuerte en diversas áreas científicas, tiene alguna experiencia en materia de exportación de tecnología y posee capacidad para las técnicas de aprendizaje. Su debilidad radica en la falta de vínculos entre las industrias y entre los sectores público y privado; la poca atención a las tecnologías adecuadas y, en menor medida, a la agricultura, y la fuga de cerebros hacia el Medio Oriente y a Occidente.²⁴ Con estabilidad política, Paquistán tendría grandes posibilidades de alcanzar la semiinstitucionalización, siempre y cuando logre conservar en casa a la gente valiosa.

22. I. Velasco, "Algunos hechos y muchas impresiones sobre la ciencia y la tecnología en Argentina", y "Algunos hechos y muchas impresiones sobre la ciencia y la tecnología en Argentina", parte II, en *Inter Ciencia*, núm. 8, 1983, pp. 166-172 y 224-232, respectivamente.

23. I. Velasco, "Algunos hechos y muchas impresiones sobre la ciencia y la tecnología en Argentina", en *InterCiencia*, núm. 6, 1981, pp. 402-408; "Algunos hechos y muchas impresiones sobre la ciencia y la tecnología en Argentina", en *InterCiencia*, núm. 7, 1982, pp. 37-44, y M. Wionczech, "Science and Technology Planning in Mexico and its Relevance to Other Developing Countries", en F. Sagasti y Aráoz (eds.), *Science and Technology for Development: Comparative Report of the Science and Technology Policy Instruments Project*, IDRC, Ottawa, 1979, pp. 80-108.

24. Z. Sardar, *Science and Technology in the Middle East*, Longman, Nueva York, 1982, y A.B. Zahlan, *Science and Technology Policy in the Arab World*, Croom Helm, Londres, 1980.

Sudáfrica, con 8 000 investigadores de tiempo completo, un presupuesto anual para I+D de 1 000 millones de dólares, y vastos programas de energía nuclear, tecnología minera, licuación de gas carbónico y armamento tiene la mayor capacidad de toda África, incluyendo Egipto. Su talón de Aquiles es que casi todos sus investigadores provienen de los cuatro y medio millones de blancos, que constituyen sólo 10% de la población.²⁵ Sudáfrica debe abrir sus grandes universidades y centros de investigación a la mayoría de sus habitantes: africanos, negros e indios; de lo contrario corre el riesgo de estancarse o disminuir su potencial humano calificado. Esto requiere de inversiones considerables en la educación científica de todos los niveles, compromiso que el Gobierno de Sudáfrica reconoce, pero no ha cumplido todavía.

Muchos países exportadores de petróleo están tratando de crear su capacidad interna mediante cuantiosas inversiones en petroquímica, licuación de gas natural y otras tecnologías para agregar valor al petróleo. Esta estrategia aparentemente sensata exige importar tecnologías que corresponden al "estado del arte", depender de mercados finales muy inciertos en el futuro y descuidar la investigación agrícola, la de tecnologías adecuadas, la de la pequeña industria y muchos otros rubros. Hay becas para enviar a miles de estudiantes al extranjero y se crean instituciones nacionales conforme a tamaños y modelos del exterior. Incluso se llega al extremo de importar institutos completos de investigación y de modelar la política de ciencia y tecnología a imagen y semejanza de las de otros países, como ocurre en Kuwait y Arabia Saudita. Hay poco o nulo interés en aprender en la práctica, en el mantenimiento y en otras habilidades informales, además de que se desalientan a menudo las adaptaciones, sobre todo porque se dispone de divisas para las importaciones más novedosas.

En estos países sería posible construir y poner a funcionar industrias petroquímicas para aumentar las exportaciones de crudo; sin embargo, no existe vinculación entre las industrias y las actividades, o hay muy poca. Las facultades de geología e ingeniería petrolera, así como institutos enteros de investigación, pueden ser relativamente fuertes, como sucede en Argelia y Arabia Saudita, pero los niveles generales de educación son pobres. La capacidad de CT en el sector petrolero y petroquímico no se puede difundir fácilmente a los demás sectores, sobre todo porque dicho sector emplea mucho capital. La amplia contratación de investigadores extranjeros, a menudo de la India y Paquistán, orilla a los nacionales a ocuparse en tareas administrativas y les priva de experiencia en su propio campo. Mientras se disponga de divisas, será posible adquirir las últimas novedades tecnológicas, sin contribuir a crear capacidad interna.

La penuria, y no la riqueza, engendra innovaciones internas. Venezuela, Trinidad y Tabago, y Argelia, con sus reservas de crudo de poca calidad, son los países que han realizado los esfuerzos más serios para crear capacidad en CT no petrolera, aunque con poco éxito. El Instituto de Investigación Científica de Venezuela tiene una considerable capacidad de investigación básica y aplicada, pero no cuenta con suficientes investigadores venezolanos y la capacitación nacional es totalmente inadecuada. Trinidad y Tabago ha realizado algunos esfuerzos en agricultura y biología marina, pero tampoco puede reponer su personal. Argelia

ha innovado en materia de petróleo y energía gracias a sus instituciones públicas de investigación y capacitación, pero está plagada de burocracia y son débiles los vínculos entre los usuarios y los productores de CT. Irak, Kuwait y Arabia Saudita gozan de una situación única pero comparten una incapacidad para adaptar las tecnologías transferidas.²⁶

Varios países pequeños con enormes recursos humanos tienen posibilidades remotas en la carrera de la ciencia y la tecnología. La combinación de un alfabetismo generalizado, una gran motivación hacia la educación y un apreciable conjunto de investigadores les da cierta posibilidad, a pesar de sus grandes carencias. El mayor obstáculo es la fuga de cerebros que ya se produce en escala importante en cada uno de ellos. Sin embargo, si se escogieran uno o dos sectores de investigación aplicada, si se trabajase en estrecho contacto con las empresas nacionales y con los inversionistas transnacionales, esos países podrían crear nichos para exportar alta tecnología, es decir, empresas bien relacionadas con las universidades y los centros de investigación nacionales, que usen el mantenimiento y las refacciones del país, a diferencia de las maquiladoras. Todas las naciones con posibilidades remotas han invertido grandes recursos públicos y privados en la educación, el primer paso para crear una capacidad interna.

Hay otros países, tan diferentes entre sí como Chile y Cuba, Egipto y Nigeria, Indonesia, las Filipinas y Vietnam, que al parecer no han logrado adquirir capacidad en CT. "Al parecer", porque siguen tratando, y los reverses no son forzosamente fracasos. Sin embargo, se pueden identificar ciertas pautas. Cuba y Vietnam han instaurado políticas de ciencia y tecnología muy centralizadas, conforme al modelo soviético, que además de separar la investigación básica de la aplicada, desalientan las adaptaciones pragmáticas. Los resultados han sido extremadamente desafortunados pero los regímenes siguen aferrados a modelos inapropiados.

Chile, bajo un régimen militar de derecha, se fue en la dirección opuesta al convertir las universidades y los institutos de investigación en talleres de investigación aplicada. La buena investigación básica y aplicada se ha deteriorado y los vínculos con los usuarios, apaleados por los problemas macroeconómicos, no se han desarrollado.

Al parecer, en Egipto, Indonesia, Nigeria y las Filipinas se ha incrementado tanto la matrícula universitaria y los niveles han bajado del tal manera que se ha vuelto extremadamente difícil reponer el pequeño número de investigadores calificados, problema que la fuga de cerebros empeora. Se desalientan los vínculos entre las industrias y se limitan severamente las adaptaciones internas, sobre todo en Egipto, en donde predominan las empresas estatales.²⁷ Las instituciones formales no funcionan, o lo hacen mal, y el aprendizaje informal se malogra, con el resultado de que la capacidad interna disminuye en realidad. Nigeria se aproxima a una situación similar: bajos niveles académicos, incapacidad para reponer su escaso potencial humano e industrias de sustitución de importaciones que prefieren depender de la tecnología importada.

25. A. Segal, *United States-South Africa Science and Technology Relations*, trabajo presentado ante la Reunión de la Asociación de Estudios Africanos, celebrada en Boston en diciembre de 1983.

26. Z. Sardar, *op. cit.*, y A.B. Zahlan (ed.), *Technology Transfer and Change in the Arab World*, Pergamon, Londres, 1978.

27. C.H. Moore, *Images of Development, Egyptian Engineers in Search of Industry*, Instituto Tecnológico de Massachusetts, Cambridge, 1980.

Por último, el rubro "otros" de la gráfica 2 comprende a 130 países que tienen, según los criterios expuestos, una capacidad actual de ciencia y tecnología insignificantes. Y esto no es del todo cuestión de tamaño, ya que Hong Kong, Singapur y varios países más tienen poca población, recursos naturales limitados, bajos ingresos per cápita y sólo un puñado de investigadores nacionales. Sus insignificantes gastos en ID para la agricultura y el reducido número de científicos e investigadores que trabajan en los principales productos agrícolas son un indicio del rigor de su situación. Muchos países en desarrollo ni siquiera tienen la capacidad mínima para hacer investigación agrícola en alimentos o en cultivos para la exportación. Con todo, sin capacidad propia no se puede esperar que realmente aprovechen la investigación agrícola ajena. El país más grande de este grupo es Bangladesh, poblado por más de 90 millones de habitantes.

Consecuencias

¿Qué es dable esperar de esta clasificación? ¿Qué indican sobre el orden de cosas futuras, dados los muy largos períodos necesarios para mejorar la capacidad interna?

En conjunto esta evaluación muestra que es muy probable que persista la división Norte-Sur de la economía mundial, e incluso que la situación se deteriore más aún. El Norte seguirá detentando una parte desproporcionada de la producción, el comercio y la industria mundiales, así como otros recursos escasos. Los países de la OPEP no podrán lograr que la riqueza mundial se distribuya y que impere una mayor equidad, aunque su propia situación mejorará gracias a sus recursos financieros y a la tecnología que adquieran.

Es probable que los productos que se comercien en el mundo tengan cada vez un mayor contenido de ID, y sólo un puñado de países en desarrollo podrá participar. Casi todos los países tendrán que depender de las tecnologías intensivas en mano de obra para hacer las ventas al exterior que necesitan, si bien unos cuantos ocuparán un lugar en las exportaciones de alta tecnología.

Los recursos internacionales de más valor serán los investigadores, más que el petróleo o cualquier otro producto. La distribución global y la productividad de los recursos humanos en ID se tornarán la variable más importante en el comercio mundial. Las perspectivas de la migración internacional indican que se intensificará en todo el mundo la búsqueda del escaso talento de los científicos e investigadores.

Son de preverse importantes consecuencias para Estados Unidos. La evolución de la capacidad científico-técnica de los países en desarrollo, los hace ser los principales mercados, actuales y quizá futuros, de la tecnología estadounidense. La información sobre los ingresos de este país por concepto de regalías y derechos y por la exportación de productos manufacturados intensivos en ID así lo indican. De acuerdo con John Sewell, presidente del Overseas Development Institute, de Londres, los países en desarrollo de ingresos medios son los clientes comerciales más prometedores de Estados Unidos.

La evaluación confirma el punto de vista de que la cuenca del Pacífico y los países circundantes suplantarán a Europa Occiden-

tal en las relaciones económicas de Estados Unidos. En dicha región la ciencia y la tecnología evolucionan más rápidamente y cada día es mayor la aptitud de adaptar la tecnología transferida. Estados Unidos tiene diversas ventajas en su competencia con Japón para proveer a estos países de productos intensivos en ID, así como en proporcionarles un mercado para sus exportaciones basadas en la adaptación tecnológica.

La evaluación también deja entrever que quizás haya cambios en el equilibrio del poder económico regional. El fracaso de las naciones del Medio Oriente, excepto Israel, en la creación de una capacidad propia de CT perpetuará las rivalidades entre ellas. Egipto pierde oportunidades de ser el centro de CT del mundo árabe, pero nadie está tomando su lugar. Sudáfrica continúa dominando en la parte meridional del continente, ante la ausencia de una capacidad significativa de CT en los demás países africanos. La falta de capacidad en el Medio Oriente y África refuerza la participación de las potencias extranjeras en los conflictos regionales. La India domina el sur de Asia en los terrenos económico y militar, en tanto Paquistán está enfrascado en conseguir ayuda externa y se esfuerza para mejorar su propia capacidad, aunque cada vez se rezaga más. Esto tal vez signifique que Paquistán trate de desarrollar armas nucleares por su cuenta para contrarrestar el mayor poderío de la India. Japón tiene crecientes conflictos económicos con sus competidores de la región, quienes exigen una mayor apertura del mercado japonés para sus exportaciones de tecnología. Brasil sigue consolidando su supremacía en CT frente a Argentina y México, pero la política de sustitución de importaciones de diversos países frustra su propósito de dominación económica. Al margen de la validez de estas proyecciones, la capacidad científico-tecnológica es una variable clave para determinar el equilibrio político y económico regional.

Otra consecuencia apunta hacia las relaciones económicas Sur-Sur. Las enormes divergencias de capacidad de CT entre los países en desarrollo facilita los flujos de tecnología adaptada a las condiciones de cada uno. Las multinacionales del Tercer Mundo continuarán exportando e invirtiendo en los mercados de los países que tienen niveles inferiores de tecnología, gracias a su aptitud para aprender mediante la práctica y el uso. Habrá cierta sustitución de la dependencia tecnológica Norte-Sur mediante vínculos Sur-Sur, como ya ocurre entre Bolivia y Argentina o entre Paraguay y Brasil.

La evaluación representa un momento determinado en un larguísimo proceso. Indica que las habilidades informales de aprendizaje son más importantes que los criterios formales de los gastos, el potencial humano y las exportaciones de ID, así como la investigación *in situ*, porque las habilidades informales están más arraigadas en las culturas nacionales y menos sujetas a la transferencia externa. El Japón de 1880 —por ejemplo— no hubiera destacado por su capacidad formal, pero un observador agudo hubiera notado su elevada posición en aprendizaje informal. Esto lo plantean Ranis y Saxonhouse en su apasionante estudio comparativo de las industrias textiles algodóneras de Japón y la India en los siglos XIX y XX.²⁸

28. G. Ranis y G. Saxonhouse, "International and Domestic Determinants of Technology Choice by the Less Developed Countries", en B. Lucas y S. Freedman (eds.), *Technology Choice and Change in Developing Countries: Internal and External Constraints*, Tycooly, Dublin, 1983, pp. 7-29.

Enseñanzas

A ún no se comprende cabalmente el proceso mediante el cual los países se hacen de una capacidad interna, como señala Rosenberg. Con base en las experiencias de diversos países, se establecen en este artículo varias generalizaciones importantes, válidas para diversas culturas. Los elementos del proceso que se han presentado con la suficiente frecuencia como para considerarlos fundamentales son los siguientes:

1) La educación y una amplia cultura científica tienen importancia. Una extensa población letrada con acceso a la divulgación de la ciencia y la tecnología es esencial para las habilidades de aprendizaje informal. China, Singapur, Taiwán, Corea del Sur y otros países son testimonio de los resultados que aporta la inversión en educación científica para niños y adultos. Su ausencia representa uno de los mayores inconvenientes para los pueblos que dependen del petróleo.

2) Una educación superior elitista, universitaria o no, es esencial para formar personal de excelencia. En donde hoy el incremento de la matrícula universitaria se traduce en una disminución del nivel académico, como en México, Indonesia, Egipto en China durante la revolución cultural, y en otros países, las instituciones elitistas ya no pueden cumplir su cometido. La India ha logrado conservar un pequeño número de universidades e institutos de investigación de gran calidad, a pesar del crecimiento en las inscripciones. La educación y capacitación de los investigadores de calidad requiere una atmósfera intelectual de invernadero que no compagina con la masificación de la enseñanza.

3) Los investigadores jóvenes necesitan ser aprendices de los veteranos calificados. Cuando esto falta, como en Egipto, los títulos de investigación académica tienen poco valor. Las innovaciones institucionales son básicas para que el sistema maestro-aprendiz de la investigación se desarrolle sin jerarquías rígidas de edad o de burocracia. Un problema conexo es la necesidad de contar con masas críticas de investigadores que permitan el trabajo de equipo e interdisciplinario. El aislamiento es el peor enemigo de los investigadores de los países en desarrollo. Los escasos investigadores capaces deben emplearse como maestros de los aprendices y no como administradores o profesores en el salón de clases:

4) Es esencial que haya continuidad en el mando y el financiamiento para crear capacidad de investigación. La habilidad de Argentina para mantener un programa de investigación nuclear respetable durante más de 20 años de lucha civil y desorden económico es un excelente ejemplo que ilustra esta enseñanza. Para adquirir capacidad de investigación se requiere determinación y planeación a largo plazo, incluso para la investigación aplicada.

5) La extensa y persistente actividad política de las universidades en muchos países en desarrollo exige innovaciones institucionales no académicas. Los institutos nacionales de investigación en Kuwait, Corea del Sur, Venezuela y otros países que ofrecen también educación superior y capacitación son una solución. Los centros de investigación no lucrativos son medios muy utilizados en Brasil y Argentina, sobre todo en el sector políticamente delicado de las ciencias sociales. Su fracaso en innovar la investigación fuera de las universidades fue un duro golpe para Turquía. La RFA y Japón tienen gran experiencia en la innovación institucional en la investigación básica y aplicada de alta calidad fuera de las universidades, así como en la capacitación.

6) La interrelación de usuarios e investigadores depende de una eficaz red previa entre usuarios y usuarios, así como entre investigadores e investigadores. Se ha subestimado el papel de las organizaciones voluntarias nacionales, tales como las asociaciones para el desarrollo de la ciencia en Brasil, México, la India y otros países. Los investigadores necesitan recompensas tangibles, tanto financieras como psicológicas, y los grupos voluntarios pueden ayudar a proporcionar las del último tipo. La organización de la comunidad científica es prioritaria para construir una capacidad científica y tecnológica propia. La comunidad debe poseer suficiente autonomía para actuar como un grupo de presión y no como un mero vocero del Gobierno. Brasil y la India ya tomaron la delantera a este respecto.

7) La investigación agrícola debe recibir la más alta consideración. Es posible lograr rápidos avances en la productividad de la agricultura que pueden elevar el bienestar general, a la vez que proporcionar excedentes para otro tipo de ID. El único atajo es la creación de capacidad de investigación agrícola.

8) Es necesario convertir la transferencia de tecnología en promotora de la capacidad interna. Esto entraña renunciar a sustituir importaciones, a menos que esto permita también el aprendizaje interno. Asimismo, implica preferir las transferencias que estimulan el aprendizaje mediante la práctica y el uso y evitar mecanismos complicados y burocráticos de selección. El meollo del asunto debe ser la relación entre el proveedor y el cliente, más que las condiciones de la transferencia en sí. El aprendizaje interno también tendría como recompensa las divisas que provenirían de las exportaciones de tecnología.

9) Se ha demostrado en este trabajo que las habilidades informales provenientes del dominio de la tecnología importada son más importantes que la estructura formal de ID. Las empresas del sector público son particularmente débiles en este tipo de habilidades informales y necesitan una drástica innovación administrativa. Las empresas petroleras, de transporte y otras, propiedad del Estado —que también las administra—, son las más importantes en muchos de los países en desarrollo, por lo que es urgente implantar los cambios que podrían mejorar su capacidad informal de aprendizaje. Una medida en este sentido podría ser racionalizar el financiamiento y las divisas en función de su capacidad para exportar tecnología.

10) Es necesario que la planeación de CT se concentre más en promover cadenas y vínculos que en los aspectos físicos y financieros. Si bien numerosos países han creado ministerios o dependencias gubernamentales de ciencia y tecnología, rara vez tienen éstos la necesaria influencia política o económica. Conviene que sirvan de enlace para acercar a la comunidad científica y los empresarios, a los que hacen investigación básica y los que la hacen aplicada, a los científicos y los educadores en ciencias, a la vez que promuevan la innovación institucional. Una planeación de CT inestable, centralizada y burocrática es un obstáculo en muchos países.

El camino que conduce de la transferencia de tecnología a la creación de capacidad institucionalizada es largo, riesgoso, lleno de baches y callejones sin salida, y también traicionero. Al final no hay una olla de oro, sino un nuevo renacer para el Estado-nación que se convertirá en un protagonista mundial y un receptor de las energías de sus pueblos. □