

Ciencia, tecnología adecuada y desarrollo

VICTOR L. URQUIDI
MANUEL MARTINEZ DEL CAMPO

En el curso del presente decenio se ha venido prestando cada vez más atención al tema de la tecnología adecuada,¹ sobre todo en relación con los problemas del desarrollo de los países del Tercer Mundo. Nos proponemos en este documento examinar sucintamente los aspectos más generales, para en seguida entrar en la materia básica motivo de este Simposio y poder ubicarla en un contexto más amplio de la problemática socioeconómica contemporánea.

LA POLITICA CIENTIFICA Y TECNOLOGICA

El hombre ha buscado, desde muy tempranas edades en la historia, tanto la satisfacción de sus necesidades como la de su curiosidad innata. Para ello ha aplicado su sentido práctico y su capacidad de teorización y especulación; ha manejado las situaciones cotidianas más apremiantes —alimentación y protección para él y su familia— y se ha dado tiempo para inquirir sobre su propio origen y destino así como el del mundo físico que lo rodea. Estas actividades y necesidades propias de su idiosincrasia lo han llevado a una continua acumulación de experiencias e ideas que han desembocado en la formación de culturas muy diversas, pero con una triple vertiente común: a] la configuración de creencias, supuestos, temores y esperanzas, expresados con más o menos coherencia en las múltiples religiones y modalidades

Nota: Los autores, de El Colegio de México, presentaron este trabajo en el Segundo Simposio Internacional de Ingeniería sobre Tecnología Apropriada para Países Subdesarrollados, que tuvo lugar en San Salvador del 19 al 23 de febrero del año en curso. La Redacción de *Comercio Exterior* realizó pequeños ajustes editoriales.

1. Más adelante se intenta una definición de este término y de los criterios relativos.

de éstas; b] el acervo teórico de la ciencia, y c] el caudal pragmático representado por las técnicas y las artes.

El Universo, en este último cuarto del siglo XX, resulta todavía en extremo complejo; el conocimiento sobre él que el hombre ha acumulado en 50 000 o 100 000 años de existencia es, probablemente, una pequeña fracción de lo que es necesario saber para contestar las preguntas más elementales que flotan latentes desde los albores de la civilización respecto al tamaño del cosmos, la posibilidad de vida en otros sistemas solares, la esencia de la materia y otras cuestiones similares y conexas. Las religiones tienen como función principal contestar algunas de estas preguntas, lo que hacen por lo general en forma bastante simplificada; la ciencia, por el contrario, en la medida en que avanza en la explicación de los fenómenos naturales, se vuelve más complicada y prácticamente inaccesible para las mayorías.²

Muchos investigadores se ocupan de estudiar la ciencia en su conjunto desde variados puntos de vista, entre ellos el económico-social y el filosófico. Del primer aspecto interesan los resultados en que se traducen los avances científicos en una utilización práctica a través del desarrollo tecnológico, la producción y la satisfacción de las necesidades de consumo; del segundo, parece imperativo saber más en cuanto al acercamiento que el hombre ha conseguido a verdades absolutas, y en ello la filosofía es la única actividad del pensamiento humano que puede llegar más allá, siempre y cuando

2. Véase, por ejemplo, Warren Weaver, *Scene of Change*, Scribners, Nueva York, 1970, en particular el último capítulo.

encuentre las fórmulas o métodos.³ A toda mente inquieta —no necesariamente educada— apremia saber si la penetración de la ciencia en lo desconocido es insignificante o decisiva y si sus métodos básicos —observación y experimentación— no adolecen de algunas fallas inherentes. A pesar de estas posibles limitaciones, la ciencia es la mayor realización del intelecto humano.

Desde la Revolución industrial de fines del siglo XVIII, la tecnología, en gran parte originada en la práctica, ha transformado profundamente los procesos de desarrollo económico y social, y a lo largo del siglo XIX se lograron importantes avances paralelos, y con frecuencia interrelacionados, de la ciencia y la tecnología. En el siglo XX ha habido una verdadera explosión científico-tecnológica, estimulada por otros procesos de desenvolvimiento y modernización, entre ellos la educación, y causa a la vez de los grandes adelantos económicos de nuestra época. Debe señalarse, sin embargo, que el esfuerzo científico y tecnológico se ha concentrado en su mayor parte en un reducido número de países de notable crecimiento económico, y que una parte sustancial de dicho esfuerzo se ha desviado hacia fines militares y de protección de la seguridad. Los países del Tercer Mundo han llevado a cabo esfuerzos bastante modestos de desarrollo propio de la ciencia y la tecnología, y han descansado primordialmente en transferencias onerosas y con frecuencia inadecuadas, procedentes de los más evolucionados.

No obstante, aun para saber utilizar los conocimientos importados es esencial el fortalecimiento de la capacidad científica y tecnológica propia. Esta comprende no sólo la educación superior en esos campos, sino la investigación, los servicios técnicos y de información, las normas de calidad, las empresas de consultoría y los medios de difusión.

Al formularse una política científica y tecnológica, que requiere la asignación de recursos humanos, financieros y de organización y administración para lograrla, surge como cuestión fundamental la de los objetivos de la misma. La ciencia por la ciencia tiene desde luego un valor sin discusión, pero frente a las necesidades económicas y sociales no satisfechas de los países en desarrollo, puede plantearse la conveniencia de orientarla en sus grandes lineamientos, estableciendo prioridades a corto y largo plazo. Del mismo modo, la importación de tecnología y aun su generación interna deben responder a criterios de racionalidad no sólo en función de las unidades de producción sino de los objetivos generales de la sociedad. Los objetivos de desarrollo económico y social no siempre son explícitos y con frecuencia no cristalizan en planes articulados; sin embargo, se acepta que cada país debe buscar su estrategia de desarrollo y establecer los mecanismos para cumplirla. En muchos casos ello se traduce en planes de desarrollo que fijan objetivos generales, metas globales y sectoriales, y definen los medios para alcanzarlos. En dichas metas deben figurar la ciencia y la tecnología explícitamente.

Se puede afirmar que, al menos idealmente, habría una interacción entre política y planes de desarrollo económico-social y política científica y tecnológica. En los últimos

años se ha avanzado en muchos países en este proceso, sin que necesariamente se haya logrado una plena integración; tampoco se puede asegurar que la planeación de la ciencia y la tecnología invariablemente conduzca, por sí sola, al desarrollo económico y social en la forma deseada. Sin embargo, es un componente de la misma que no puede dejarse al azar.⁴

El problema parece residir en parte en la dificultad de medir los insumos —como sí se puede hacer, en cambio, con el capital, la mano de obra, etc.— de ciencia y tecnología que se requieren en un programa o un proyecto determinados, o el efecto cuantitativo que una invención o avance técnico pueden tener en sus rendimientos económicos. Es factible, eso sí, en el primer caso mencionado, medir algunos aspectos de la tecnología —como los costos de la maquinaria, las regalías, etc.— en el caso de la empresa, pero no se dispone de elementos para relacionar en forma macroeconómica los requerimientos de ciencia y tecnología para un nivel de producción determinado. En la correlación que frecuentemente se hace de gasto nacional en investigación científica y tecnológica con el producto per cápita, se evidencia que cuanto mayor sea aquél, más elevado será este último, pero ello en realidad no despeja la incógnita en cuanto a causa y efecto. De cualquier manera, la política científica y tecnológica tiene que traducirse, además, en presupuestos de gasto, lo que implica el establecimiento de prioridades a corto y largo plazo, y preevaluaciones sobre el resultado probable de determinadas inversiones en programas y proyectos de investigación, de formación de recursos humanos, de infraestructura, etc. En México, por ejemplo, se ha hecho recientemente un intento de establecer esas prioridades de investigación, por un proceso inductivo de participación directa de la comunidad científica.⁵ Esto, sin embargo, es más bien un punto de partida en donde se reconoce la validez de lo que se está haciendo; el paso siguiente sería el señalamiento de criterios más rigurosos para establecer las prioridades.

La cooperación internacional ha sido amplia en el campo de la promoción de la ciencia y la tecnología, a través de los innumerables programas de becas, expertos y misiones, y auspiciada por múltiples organizaciones; el resultado, sin embargo, después de decenios de esfuerzos, no ha correspondido a las expectativas de los países en vía de desarrollo o de las propias agencias internacionales. Ello se ha debido, con frecuencia, a que esas actividades de cooperación técnica no siempre fueron precedidas por una jerarquización de las necesidades de los países en desarrollo, lo que ha propiciado a menudo la adopción de tecnologías que no han sido adecuadas u óptimas, como algunos casos en que puede haberse soslayado la urgencia permanente de crear empleos y se han favorecido las técnicas más avanzadas —en cuanto a mecanización y automatización de las operaciones productivas— con una proporción consecuentemente elevada de capital fijo por unidad.

4. En el nivel teórico existe una gran laguna en el pensamiento de los economistas, al menos los neoclásicos, respecto al papel de cambio técnico en la función producción. Véase, por ejemplo, el trabajo de Víctor L. Urquidí y Alejandro Nadal, de El Colegio de México, "Algunas observaciones acerca de la teoría económica y el cambio técnico", en *El Trimestre Económico*, vol. XLVI (2), núm. 182, México, abril-junio de 1979.

5. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), *Programa nacional de ciencia y tecnología, 1978-1982*, México, 1978.

3. Véase, por ejemplo, Enrico Cantore, "Humanistic Significance of Science: Some Methodological Considerations", en *Philosophy of Science*, vol. 38, núm. 3, septiembre de 1971, pp. 395-412.

Debe admitirse, por otro lado, que la cooperación internacional ha sido relativamente reducida si se compara con la transferencia de tecnología por medio de las empresas transnacionales que controlan gran parte de la tecnología moderna. Dichas empresas, que realizan la mayor parte de la investigación y el desarrollo experimental en los países muy industrializados, prosiguen sus procesos de innovación y desarrollo de nuevos productos conforme a criterios de redituabilidad y, en las condiciones de esos países, con fuerte tendencia a la mecanización y automatización y el consiguiente ahorro de mano de obra. A través de sus subsidiarias y filiales en los países en vía de desarrollo transfieren, mediante licencias, esas mismas tecnologías que, si bien significan adelanto técnico, casi siempre desplazan fuerza de trabajo o no contribuyen a la creación de empleo en la medida necesaria.

Con el avance tecnológico espectacular de las comunicaciones y los transportes —que ha acercado a países de muy diversas regiones— la interdependencia ha aumentado sensiblemente, en algunos casos como consecuencia del incremento en las transacciones comerciales, o por el turismo, los intereses políticos o la complementación de factores de producción, y es difícil concebir otra tendencia que no sea la intensificación de las interrelaciones; también las empresas transnacionales han contribuido en forma poderosa a acentuar la situación descrita. Ello hace imperativo que muchos países —sobre todo del grupo de los subdesarrollados— se adapten a esta dinámica situación internacional y traten de sacar el mejor partido. Por otra parte, y a pesar del aumento irreversible de dicha interdependencia, los países —ricos o pobres— deben estar conscientes de que es poco lo que pueden obtener en forma gratuita y han de aceptar cabalmente que sólo con esfuerzo propio pueden superar su condición de subdesarrollo, ya sea éste total o parcial. En otras palabras, debe reconocerse la conveniencia del autovalimiento y la autodeterminación tecnológica —es decir, la capacidad de decisión en función de metas nacionales— si bien aprovechando toda oportunidad de cooperación.

En la definición de una política científica y tecnológica existen elementos objetivos y otros que constituyen incógnitas difíciles de despejar. Entre los primeros está la posición que se debe adoptar respecto de las condiciones en que esos conocimientos se ofrecen desde el exterior mediante contratos y licencias, lo cual da lugar a legislaciones de defensa y promoción de los intereses locales. Las licencias casi siempre contienen cláusulas restrictivas, ya sea respecto a la investigación local, el aprovechamiento de innovaciones locales, la exportación de productos elaborados con la tecnología comprada bajo licencia, etc. Varios países latinoamericanos han aprobado legislaciones y tomado medidas para eliminar estas restricciones y reducir las cuotas de pago de regalías.

La política científica y tecnológica tiende también a elevar el monto de lo dedicado a actividades de investigación y desarrollo experimental (I y D) con relación al producto nacional, cifra que de niveles muy bajos hace un decenio se ha ido incrementando paulatina pero firmemente en los países en desarrollo.⁶

6. América Latina destinaba hacia 1966 el 0.2% de su PNB a estas actividades, incrementándolo a 0.6% en los años recientes.

La política científica y tecnológica debe ser ante todo realista, pero también imaginativa y en algunos casos audaz o por lo menos firme. América Latina posee amplios recursos naturales que no explota convenientemente, con frecuencia debido a la falta de capitales, pero también por un débil o inadecuado uso de los instrumentos de transformación que proporciona el vasto caudal de conocimientos que posee el hombre en la actualidad. Muchos de éstos, no puede soslayarse, están restringidos por los mecanismos comerciales o por intereses extranacionales, pero el acervo de lo disponible u obtenible con medios propios es considerable.

INFRAESTRUCTURA PARA LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

En ocasiones un avance o un descubrimiento científico da lugar a una nueva tecnología y ésta a nacientes proyectos en la industria, las actividades primarias o los servicios, pero no es el caso más común. Por otra parte, muchos proyectos nacen y se desarrollan normalmente aun sin que existan nuevas técnicas; a su vez, de un conjunto de conocimientos básicos —teóricos y empíricos— puede emanar una amplísima gama de tecnologías, esto es, que existe generalmente gran flexibilidad en el desarrollo y adaptación de estas últimas. Menos frecuente es el hecho de que una nueva tecnología requiera de una correspondiente penetración en el mejor entendimiento de las leyes fundamentales que rigen a la naturaleza y a la materia.

Los descubrimientos científicos se gestan como resultado de una labor sistemática y minuciosa, cada día más vinculada a equipos interdisciplinarios de investigadores de alta calificación profesional. Los desarrollos o avances tecnológicos tienen requerimientos básicos similares, pero deben estar directamente relacionados con las actividades productivas y entender cabalmente la problemática de éstas, si bien se nutren y complementan con el conocimiento científico puro. También es común, sin embargo, que esos desarrollos o avances tecnológicos —muchos de ellos de carácter menor o colateral— se efectúen en el seno mismo de las unidades productivas, muy particularmente en algunas ramas como la mecánica del sector industrial.

El lugar físico donde con mayor frecuencia se originan los avances tecnológicos de cierta significación es el laboratorio o instituto,⁷ unidad que dispone de una infraestructura científica y técnica: personal especializado, aparatos de medición, equipo de laboratorio y análisis, unidades piloto y auxiliares, etc., así como un flujo continuo de datos e informes a través de servicios de documentación bien organizados. No menos importante es la existencia de mecanismos de orientación, como los contactos con las actividades productivas a las que sirven y con otros grupos que constituyen fuentes de ideas para programar las tareas de investigación.

En el caso de los países en desarrollo y por lo que hace concretamente a América Latina, las instituciones de investigación no siempre cuentan con todos los ingredientes —en la proporción debida— para funcionar con el mayor éxito. Son deficitarios algunos aspectos de la infraestructura, pero muy

7. Puede tener otros nombres, como centro experimental, "estación", etcétera.

particularmente por lo que hace a los mecanismos de orientación de los trabajos y en especial a la firmeza del enlace con las actividades productivas; estos factores han limitado la eficacia de las instituciones y en ocasiones han desviado sus propósitos, transformándolas en entidades de distinta naturaleza o función. A la luz de los nuevos conceptos sobre adecuación de tecnologías, a los que nos referiremos más adelante, es factible que pudiera disponerse de una base para reorientar o consolidar la investigación tecnológica en nuestros países.

La información técnica es un elemento de apoyo muy importante para el desarrollo —y superación de las condiciones generales de operación— de las unidades de actividad económica, ya sean éstas privadas u oficiales, o del sector primario, secundario o terciario. Un grupo que puede beneficiarse muy directamente de la información técnica es la industria mediana y pequeña, dado el carácter dinámico de la actividad manufacturera y la relativa debilidad técnica de las empresas que por su tamaño reducido no disponen —dentro de su estructura formal— de elementos para obtener ese tipo de informes.

En México, entre otros servicios al respecto, se creó desde principios del decenio que corre el Infotec (Información Técnica), como unidad administrativa descentralizada del Conacyt. Aquél ha venido realizando muy diversas tareas que incluyen la investigación y motivación directa por medio de visitas de su personal especializado, la distribución de boletines de noticias técnicas, los servicios de preguntas y respuestas y otras actividades similares que propenden a fortalecer la capacidad tecnológica de los empresarios.

Estos servicios tienden a irse especializando por sectores de actividad industrial, con vistas a darles una mayor eficacia, en función de la importancia y los requerimientos del área correspondiente; así, nuevamente en el caso de México, se han creado en fecha reciente otras instituciones, como Asesoría Técnica Industrial, S.A. de C.V. (ATISA), que atiende específicamente a las ramas metalúrgica y metalmeccánica; también a título de ejemplo puede mencionarse la gestación que actualmente se realiza de un nuevo instituto (CICPAE)⁸ cuya finalidad es informar al sector gubernamental, al privado y al público en general sobre aspectos tecnológicos y de otra índole de las importantes actividades relativas a las áreas de alimentación y empleo. Otras actividades de información y apoyo técnico creadas en México son los Servicios Centrales de Instrumentación y Laboratorios (Secil) y el Fondo de Ciencia y Cultura Audiovisual (Foccavi).

Además de estos servicios brevemente reseñados y que en términos generales constituyen una aportación oficial gratuita, existen empresas de información y consultoría de carácter comercial que surgen paralelamente a la actividad económica, pero muy en especial cuando se acentúa el desarrollo industrial; algunas de estas empresas consultoras son filiales de otras establecidas en el extranjero (transnacionales de servicios) y un número elevado de ellas —conforme avanza la industrialización— se asocia con nacionales del propio país, sobre todo con quienes han tenido oportunidades de estudio

en el extranjero y han establecido nexos que les facilitan su tarea asesora.

Este grupo de empresas es por lo común muy heterogéneo en composición y calidad de los servicios que prestan, habiendo una gama de opciones para el usuario, pero generalmente a un costo relativamente elevado para la industria mediana y pequeña. Hay también una mortalidad muy alta; las empresas surgen y desaparecen a la luz de oportunidades y contratos, propiciados frecuentemente por los cambios de gobiernos. Es importante obtener referencias sobre la forma de operar de estas empresas antes de contratar sus servicios.

Otro aspecto central de la infraestructura científica y tecnológica de los países en vía de desarrollo es, sin duda, la protección que el Estado debe dar a sus nacionales en las negociaciones con empresas extranjeras para la compra de tecnología. Esta operación generalmente entraña la firma de un contrato en el que se estipula la base de la transacción, la forma de pago y diversas condiciones, como las limitaciones para exportar y la cesión de diversos derechos de quien recibe esa tecnología de importación.

En varios países de América Latina se han creado ya los instrumentos legales y mecanismos administrativos para realizar esta función de asesoría al fabricante nacional, actividad que les ha reportado francos beneficios. Por una parte, se han reducido —a veces significativamente—⁹ los pagos por concepto de cesión de derechos de patentes y otros renglones similares, y se ha logrado la eliminación, en los contratos respectivos, de cláusulas limitativas y en general lesivas para el empresario y el país receptores de la tecnología.

Sin una infraestructura cada vez más amplia y sólida —a la que hay que añadir la contribución del sistema educativo y de adiestramiento— no es posible reducir la dependencia tecnológica del extranjero ni evitar sus consecuencias en el empleo y en la asignación de recursos. Por consiguiente, a falta de ella tampoco es posible hacer valer las opciones tecnológicas que existan o puedan desarrollarse.

OPCIONES TECNOLOGICAS: LA TECNOLOGIA "ADECUADA" Y SUS VARIANTES

En el ámbito de la tecnología hay con frecuencia una gama de opciones para abordar un mismo problema de producción o generar un tipo determinado de artículo o servicio. Para un mismo propósito hay tecnologías tradicionales que proceden de la evolución empírica y hay también técnicas completamente nuevas, generadas dentro o fuera del país, resultantes de trabajos de investigación; la elección entre esas diversas posibilidades debe hacerse en función de parámetros económicos y comerciales, así como de los intereses de la sociedad. Sin embargo, en la práctica, los países en vía de desarrollo casi no ejercen la selección de tecnologías sino que éstas les son impuestas por empresas transnacionales o se adoptan con criterios de país desarrollado, en forma de paquetes; no hay verdadero mercado de tecnología o éste es muy imperfecto.¹⁰ Así, a pesar de la escasez de capital y

9. En México, por ejemplo, se logró un ahorro —de 1973 a 1976— de más de 400 millones de dólares por ese concepto.

10. Véase, por ejemplo, Alfonso Mercado, *El mercado de tecnología industrial en México: los casos de fibras poliéster, productos textiles y vestido*, El Colegio de México, diciembre de 1978.

8. El Centro de Análisis de Información y Comunicación en Política Alimentaria y Política de Empleo.

abundancia de mano de obra en los países en vía de desarrollo, el conjunto de factores institucionales y estructurales y la falta de política científica y tecnológica y de infraestructura llevan casi siempre a adoptar tecnologías intensivas en capital que desplazan mano de obra y contribuyen a hacer más difícil la solución del problema del empleo productivo, sobre todo en los países de fuerte dinámica demográfica.

Pero debe insistirse en que hay otras posibilidades. Una de ellas está comprendida en el término "tecnología adecuada", que representa un nuevo enfoque que puede ayudar efectivamente en variados programas y proyectos de los países del Tercer Mundo.¹¹ Tiene este nuevo enfoque aspectos positivos y racionales en cuanto a la evolución conceptual de la temática de aplicación de la ciencia y la tecnología a las condiciones de los países en vía de desarrollo. Por otro lado, proviene también de la inconformidad con los resultados globales y con situaciones específicas derivadas del desordenado avance material en el orbe y del mal uso de técnicas en la producción y en los servicios.¹²

En la actualidad se carece de una definición precisa de "tecnología adecuada",¹³ más que nada por el contenido —o quizá la carencia de contenido— semántico de la palabra "adecuado"; se desea significar, sin embargo, que son las mejores u óptimas tecnologías para una situación determinada. Resulta obvio que las que son adecuadas para un país no necesariamente lo son para otro y lo que es adecuado en una región o época —o contexto cualquiera— no lo es en otras circunstancias. Aun así, algo se puede decantar de esta situación en cuanto a las preocupaciones centrales de los países en vía de desarrollo, y por ello volveremos más adelante sobre esta cuestión conceptual básica.

Además del término tecnologías "adecuadas" se han venido utilizando otros parecidos o paralelos, como los de tecnologías "intermedias", "intensivas en trabajo", "de bajo costo", "a pequeña escala", "limpias", "blandas", "alternativas", "simétricas", "óptimas", y hasta "descalzas", calificativos que revelan una tesis o preocupación central y que tienen un matiz singular.

Las llamadas tecnologías "intermedias"¹⁴ tienen como base la idea de que, con bastante frecuencia, a los países subdesarrollados les resulta más conveniente a sus necesidades y planes de mejoramiento no utilizar los equipos más avanzados o automáticos, así como tampoco las técnicas y métodos más primitivos. Este concepto no ha sido bien recibido en algunos círculos, pues se ha considerado que

11. En los países desarrollados hay también resistencia a la tecnología existente por sus consecuencias ecológicas y sobre la calidad de la vida.

12. Véase, por ejemplo, W. Rybozinski, "Más allá de la tecnología adecuada", en *Comercio Exterior*, vol. 28, núm. 12, México, diciembre de 1978.

13. Descartamos el término "apropiada", traducción errónea de *appropriate*, y preferimos el calificativo de "adecuada", que es además el vocablo usado oficialmente por las Naciones Unidas en sus publicaciones en español. Sin embargo, véase a continuación lo dicho sobre la imprecisión del concepto, y los otros términos posibles.

14. Cuyo promotor occidental —muy influido por las ideas de Gandhi— fue E.F. Schumacher, autor de *Small is Beautiful: Economics as if People Mattered*, Blond and Briggs, Londres, 1973, libro que de inmediato despertó gran interés.

restringe la capacidad de decisión —o de selección— de los países, vedándoles la tecnología más moderna.

Las tecnologías "intensivas en trabajo" y las de "bajo costo" corresponden al principio de distribución óptima de los factores de la producción, por lo que respecta a la situación que en general guardan los países en desarrollo, en los que —como es ampliamente conocido— por lo común abunda la mano de obra (sobre todo la no especializada)¹⁵ y escasea el capital. Estos dos términos, "intensivas en trabajo" y "de bajo costo" —sobre todo el primero— representan la más antigua y generalizada opinión de la casi totalidad de los estudiosos de la problemática del desarrollo en los países del Tercer Mundo, ya que, si bien hay excepciones, el objetivo fundamental es dar ocupación a muchos millones de hombres y mujeres, disponiéndose para ello —nacionalmente hablando— de limitados recursos para inversión en actividades productivas.

El calificativo "a pequeña escala" está un poco asociado con el concepto de proporcionar empleo, pero tiene un matiz propio. En efecto, las actividades en pequeña escala tienen mayor capacidad de absorción de mano de obra que las grandes, pero además cumplen ciertas necesidades comunitarias de abastecimiento de prototipos de productos en regiones apartadas o deprimidas. Tienen también la función de aprovechar recursos naturales y otros factores de la producción que no existen en abundancia en ciertas localidades y responden asimismo a la conveniencia de dar oportunidades de incursionar en la tarea fabril a comerciantes, profesionistas y otros empresarios potenciales, estimulando la actividad económica en general.

Los términos tecnologías "limpias", "blandas", "ambientalmente sanas" y otros parecidos que se han acuñado tienen que ver con el aspecto ecológico, específicamente en cuanto al deterioro del ambiente. Es mucho lo que se ha escrito sobre este problema en los últimos dos decenios¹⁶ y el hombre de todas las latitudes está ya plenamente consciente de sus repercusiones, pero quien más lo ha resentido es el habitante de los grandes centros de población. Por tanto, estas tecnologías, en la medida en que sean compatibles con ciertos imperativos de la producción, sin duda serán más ampliamente utilizadas, a fin de reducir la contaminación acuática, terrestre y atmosférica.

El término tecnologías "alternativas" evoca la necesidad —reconocida de tiempo inmemorial, pero no suficientemente enfatizada— de sostener una posición eminentemente crítica, declinando ofertas únicas e insistiendo en disponer de varias opciones, las cuales deben examinarse desde varios puntos de vista, entre ellos muy en particular el del interés nacional a largo plazo, sobre todo cuando se trata de proyectos de cierta magnitud. Finalmente, el concepto de tecnologías "óptimas" se relaciona en cierto modo con el de "adecuadas", pues si éstas deben referirse a ciertos propósitos, aquéllas también han de serlo en función de determinados parámetros.

15. Y la tasa anual de incremento de la fuerza de trabajo es muy elevada (frecuentemente más de 2.5 por ciento).

16. Rachel L. Carson, *Silent Spring*, Fawcett Publications, Greenwich, 1962, obra que despertó gran interés sobre los problemas de la contaminación ambiental.

Por otra parte, las tecnologías, según los calificativos que se les apliquen —y cuya lista condensada hemos comentado brevemente—, pueden relacionarse con diversos grandes objetivos, entre ellos, como se dijo, el económico, el social y el ecológico. Existen también calificativos que responden a la idea de referirse a dos o más propósitos, con diversos grados de énfasis en cada uno de ellos. Este es el caso del término usado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA): “tecnologías adecuadas y ambientalmente sanas”.

En realidad el término “tecnologías adecuadas” tiene un poco de todos los demás, pero en rigor nadie ha formulado una definición propiamente dicha; si acaso, se han señalado los “criterios” para ayudar a decidir si una tecnología es o no adecuada, pero no hay consenso sobre la lista de ellos y menos aún en cuanto a su peso relativo. El Comité Asesor de las Naciones Unidas para la Aplicación de la Ciencia y la Tecnología al Desarrollo (ACAST) ha destacado que “los criterios de adecuabilidad deben limitarse a los más importantes problemas del desarrollo tales como el desempleo, la escasez de capital y la pobreza”,¹⁷ a fin de no caer en una gama tan amplia de criterios que conduzca a definir como “adecuada” cualquier tecnología. En la actualidad el ACAST propugna la adopción de una precisión mayor de dicho término.¹⁸

PROGRAMAS INTERNACIONALES SOBRE TECNOLOGIA ADECUADA

Entre los organismos internacionales que han incluido este tema en sus programas y han establecido dependencias administrativas, o por lo menos grupos de investigadores, están: el ACAST, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el PNUMA y el Banco Mundial. Además, la UNESCO, la FAO y el Banco Interamericano de Desarrollo, entre otras organizaciones, han mostrado interés y han publicado puntos de vista sobre las tecnologías adecuadas.

El ACAST, en su carácter de organismo asesor del sistema de las Naciones Unidas en materia de ciencia y tecnología, ha tomado el tema entre sus preocupaciones centrales desde 1970; tiene actualmente un comité *ad hoc* que lo examina con regularidad, en conjunción con representantes de otros organismos. Se ha abocado en especial a examinar las opciones tecnológicas adecuadas en el área de las obras públicas y en la industria. Además, ha llamado la atención sobre la conveniencia de señalar criterios de definición o calificación de las tecnologías adecuadas, entre éstos los de uso intensivo de la mano de obra, el ahorro de recursos de

17. ACAST, *Informe del Grupo de Trabajo sobre Tecnología Adecuada*, Doc. ELAC. 52/XXIII/CRP. 2, Ginebra, noviembre de 1977, p. 11.

18. Sobre el concepto de tecnología adecuada, véase Frances Stewart, *Technology and Underdevelopment*, Macmillan, Londres, 1977, cap. 4. Sobre aspectos sociológicos de la tecnología, véase Joseph Hodara, “Tecnologías alternativas: significado, enfoques, requerimientos”, trabajo presentado al Seminario sobre Tecnologías Adecuadas en Nutrición y Vivienda, CIFCA, El Colegio de México, PNUMA y CEESTEM, México, diciembre de 1978.

inversión, el ahorro de energía y el de la solución de problemas de la economía rural a pequeña escala.¹⁹

La ONUDI, en su carácter de organismo internacional que se ocupa de los problemas relativos al sector industrial, ha emprendido un importante programa sobre tecnología industrial adecuada y convocado ya varias reuniones, tanto de expertos como con la respectiva presentación de los gobiernos de los países miembros; la última de estas reuniones fue de carácter ministerial y se celebró el pasado mes de noviembre en Anand, India.²⁰ En esta reunión se ratificaron muchos de los puntos de vista que la ONUDI ha venido adelantando y redondeando en los últimos tres años; por ejemplo, se pronuncia por una definición muy amplia de tecnología adecuada, como sigue:

‘El concepto de tecnología adecuada se consideró como aquella combinación de técnicas que más contribuye a los objetivos económicos, sociales y ambientales, en relación con las dotaciones de factores y las condiciones de aplicación en cada país. Se subrayó que la tecnología adecuada es un concepto dinámico y flexible que debe responder a las diversas condiciones y las situaciones cambiantes de los distintos países.’²¹

Los trabajos de la ONUDI sobre este tema se dirigen a despertar la conciencia de los países en vía de desarrollo y a reforzar la cooperación internacional; asimismo, esta organización ha iniciado una penetración en la problemática de generación, transferencia y aplicación de tecnologías adecuadas en varios subsectores industriales. También se apuntan ya —sobre todo en el último documento citado— los “ingredientes esenciales” de un plan o programa tecnológico y los instrumentos y mecanismos institucionales necesarios para el efecto.

El PNUMA fue creado para la atención de los problemas del ambiente en sus niveles global, regional y nacional. Su preocupación principal se orienta al desarrollo de sistemas ecológicos y métodos diversos para conservar el ambiente. En lo que hace a tecnología este Programa ha hecho ya su propia definición de conceptos, inclinándose por el término: “tecnologías adecuadas y ambientalmente sanas” (*environmentally sound and appropriate technologies*)²²

19. Entre los muchos documentos que sobre el tema ha producido ACAST están, además del citado en la nota 17, los siguientes: *Appropriate Technology and Research for Industrial Development*, United Nations, Sales No. E.72.II.A3 (hay versión en español); *World Plan of Action for the Application of Science and Technology to Development*, United Nations, Sales No. E.71.II.A18 (hay versión en español), y *Plan de Acción Regional para la aplicación de la ciencia y la tecnología al desarrollo de América Latina*, Fondo de Cultura Económica, México, 1973.

20. ONUDI, *International Forum on Appropriate Industrial Technology*, Anand, India, noviembre de 1978.

21. Por carecer de una traducción oficial al español y para respetar todos los matices que le han querido dar sus autores, se transcribe la versión original en inglés: “The concept of appropriate technology was viewed as being the technology mix contributing most to economic, social and environmental objectives, in relation to resource endowments and conditions of application in each country. Appropriate technology was stressed as being a dynamic and flexible concept, which must be responsive to varying conditions and changing situations in different countries.”

22. Véase, por ejemplo, Pablo Bifani, *Ciencia, tecnología, medio ambiente y desarrollo*, Seminario sobre Tecnologías Adecuadas en Nutrición y Vivienda, CIFCA (Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales, Madrid), El Colegio de México, PNUMA y CEESTEM, México, diciembre de 1978.

Aunque no es posible reseñar aquí todas las actividades del sistema de las Naciones Unidas en materia de tecnología adecuada, cabe mencionar que la FAO se interesa en sus aplicaciones rurales, que algunas de las Comisiones Económicas Regionales de las Naciones Unidas han iniciado programas y que el Banco Mundial ha estudiado casos concretos de construcción de caminos de mano de obra e industrias de beneficio de materias primas.²³

OTROS PROGRAMAS SOBRE TECNOLOGIA ADECUADA

El Grupo para el Desarrollo de Tecnologías Intermedias (ITDG), fundado por el Dr. E.F. Schumacher fue una de las primeras organizaciones occidentales que se establecieron específicamente para desarrollar y promover el uso de tecnologías adecuadas.²⁴ Entre otros aspectos que cubre el ITDG está el de inventarios de tecnologías que puedan aprovechar las pequeñas industrias de los países en desarrollo, sobre todo, por sus características de bajas inversiones y uso intensivo de la mano de obra. Se realizan trabajos de campo y se dispone de especialistas y asesores para demostrar el uso de sus tecnologías, equipos, etc. Entre otras áreas atienden la de producción agrícola, abastecimiento de agua, tecnología de alimentos, higiene rural, transporte y vivienda.

El Brace Research Institute es una institución canadiense establecida en Quebec que trabaja sobre temas similares a los de la institución que fundó Schumacher, esto es, se ocupa especialmente de la adecuación y desarrollo de utensilios, aparatos simples y toda clase de medios de producción para industrias pequeñas, artesanías y otras actividades realizadas en el ámbito rural disperso. Como en otras organizaciones de este tipo, se producen numerosos folletos informativos de carácter elemental y profusamente ilustrados, para facilitar el entendimiento de la forma de aplicación de estas tecnologías. Entre los proyectos concretos en que se ha trabajado están los calentadores, bombas y destiladores solares, secadores de distintos tipos, invernaderos y, en general, todas las formas de aprovechamiento de las energías solar y eólica.²⁵

Otro grupo importante que trabaja en esta área es el denominado Volunteers in Technical Assistance (VITA), de Estados Unidos. Es, como las anteriores, una organización que no persigue fines de lucro y que realiza tareas de campo con vistas a la solución de problemas prácticos que se presentan en las áreas subdesarrolladas de diversos países. Se informa²⁶ que VITA cuenta con aproximadamente 5 000 técnicos y profesionistas en especialidades muy diversas, quienes ofrecen su servicio gratuito para participar como consultores, o directamente en los trabajos de campo, de los proyectos que esta institución lleva a cabo en los países del Tercer Mundo. VITA dispone de cuatro formas de coopera-

ción: a] el servicio de preguntas y respuestas; b] los proyectos técnicos; c] los programas bilaterales, y d] el programa de publicaciones.

De los institutos que realizan estudios sobre tecnologías adecuadas²⁷ en los países en desarrollo, se hará una breve mención de dos de ellos: el Centro de Estudios Económicos y Sociales del Tercer Mundo, A.C. (CEESTEM), establecido en México en 1976, y el Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropiaada (Cemat), creado el mismo año en la ciudad de Guatemala.

El CEESTEM incluye un área de Tecnología Adecuada entre las varias a que se dedica. A mediados de 1976 convocó un seminario sobre ese tema,²⁸ con participación de especialistas de diversas partes del mundo, con objeto de examinar la temática y conocer de casos concretos de aplicación. En la actualidad se realizan varios estudios y proyectos tanto en materia de pesca y su procesamiento como en el secado de otros alimentos, en agua y energía, en equipo agroindustrial y en plantas medicinales.

El Cemat tuvo por origen la decisión de participar activa y creativamente en los trabajos de reconstrucción —sobre todo de viviendas dañadas—, “a raíz de la catástrofe sísmica” del 4 de febrero de 1976. Es una entidad específicamente destinada a la realización de estudios y promociones de tecnologías adecuadas; entre sus actividades destacan los trabajos sobre vivienda popular en zonas sísmicas, incluyendo diseño y edificación, así como la manufactura de materiales de construcción. También se trabaja en las áreas de salud, energía, agricultura, industria y comunicación, todas ellas en lo que respecta a las necesidades del ámbito rural.²⁹

Existen muchas otras instituciones que se ocupan de problemas relacionados con tecnologías adecuadas, intermedias, de bajo costo, etc., que se han establecido para este propósito o que ya existían y de hecho trabajan en actividades muy similares, pero que ahora han aceptado los puntos de vista, definiciones y métodos de quienes han propiciado este movimiento mundial para el uso de tecnologías más adecuadas en los países en vía de desarrollo. Algunas de esas instituciones se relacionan íntimamente con los problemas de las industrias medianas y pequeñas; otras se vinculan más a cuestiones rurales, de ecología y protección del ambiente; las hay también cuyo acento es mayor en el área de ingeniería³⁰ y existen otras especializadas por ramas de la producción.³¹

De los grupos de trabajo de reciente creación que han adoptado desde su iniciación de actividades las ideas y métodos de las tecnologías adecuadas se pueden citar las siguientes: a] la “Célula de Tecnología Adecuada” del Ministerio de Desarrollo Industrial de la India; b] el “Centro de

23. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento, *Appropriate Technology in World Bank Activities*, Washington, 19 de julio de 1976.

24. Si bien esta institución incluye en su nombre el término “tecnologías intermedias”, su revista trimestral se denomina *Appropriate Technology* (Tecnología Adecuada), lo que da idea de la similitud que se atribuye a ambos conceptos.

25. Brace Research Institute, *A Handbook on Appropriate Technology*, McGill University, Ottawa, abril de 1976.

26. *Ibid.*

27. Así como en cuanto a tecnologías intermedias, de bajo costo, intensivas en mano de obra, ecológicamente sanas, etcétera.

28. Folleto informativo editado por la propia institución, México, noviembre de 1977.

29. Información de diversas publicaciones del Cemat, así como de la visita al Centro.

30. Por ejemplo la Engineering Experimental Station del Instituto Tecnológico de Georgia, Atlanta, Estados Unidos.

31. *A Handbook on Appropriate Technology*, op. cit., Sección C.

Tecnología Adecuada” en Islamabad, Paquistán; c] el “Proyecto de Tecnología Adecuada” de Voluntarios en Asia, con sede en Standford, California; d] la “Unidad de Tecnología Adecuada de la Asociación de Ayuda Cristiana” en Etiopía, y e] el “Grupo para la Investigación de Tecnología Adecuada” de París, así como otros muy numerosos que no ostentan las palabras “tecnología adecuada”, pero que prácticamente laboran en lo mismo.

VALORACION Y PERSPECTIVAS

Los desequilibrios en el proceso de desarrollo se presentan tanto entre países como dentro de éstos, siendo un hecho que la brecha —o distancias que separan a unos grupos de población de otros— se amplía cada vez más. Por ello, independientemente de otras medidas que se tomen o que ya se aplican en los sectores modernos, resulta urgente atender con tecnologías simples, poco costosas, la solución de los problemas de los núcleos de seres humanos que viven en las zonas rurales de baja productividad y bajo ingreso. Las tecnologías adecuadas pueden aplicarse en forma eficaz, tanto en el nivel doméstico (vivienda, salud, alimentación, etc.) como en el de las actividades productivas (agricultura, pesca, etc.), generando y poniendo en manos de estos grupos utensilios y equipos sencillos que requieren. Esta es la labor, fecunda por cierto, de muchas instituciones y grupos de tecnología adecuada en el mundo.

El problema del deterioro del ambiente es antiguo en nuestro planeta. La contaminación de los caudales de agua y la atmósfera, la erosión de tierras, etc., existen desde tiempo inmemorial; sin embargo, con el aumento explosivo de la población mundial acaecido en los últimos tiempos, por una parte, y el uso creciente de métodos de producción masivos, esa contaminación se ha multiplicado, alcanzando en muchas ocasiones niveles letales, o haciendo incómoda e insalubre la existencia del hombre en determinadas regiones, muy particularmente en las zonas industriales de las grandes ciudades. Las tecnologías adecuadas y “ambientalmente sanas”, como las ha denominado el PNUMA, parecen ser una necesidad impostergable.

Las artesanías están muy relacionadas con las formas de vida del sector rural y, en ese sentido, lo dicho es válido para estas actividades; sin embargo, también hay artesanos que trabajan en los pueblos y ciudades. Para éstos, lo principal es la tradición, que constituye realmente su patrimonio, y que en lo tecnológico frecuentemente significa materias primas de baja calidad, diseños reiterativos y técnicas deficientes de producción. Es, por tanto, mucho lo que una tecnología mejorada puede hacer³² para superar las condiciones de estos trabajadores, si bien todo ello tiene que ser apoyado por una actividad comercial más organizada, entre otras cuestiones importantes al respecto.

La industria mediana y pequeña constituye un esencial segmento productivo de la actividad económica en cualquier

país, ya sea éste desarrollado o no. Por una parte, contribuye de manera significativa a la generación de puestos de trabajo y, por otra, aprovecha insumos locales y suministra productos adecuados para núcleos de población reducidos. Sin embargo, como es ampliamente sabido, este segmento productivo no siempre puede competir con la gran industria, en parte debido a las características de los mercados, a los aspectos publicitarios y a otras circunstancias diversas. Empero, también se vuelven muy importantes los apoyos técnicos de variada índole y parece ser que la filosofía, el enfoque y los métodos del movimiento de las tecnologías adecuadas, intermedias, etc., encuadran perfectamente en este caso. Mucho se deberá hacer en este sentido en nuestros países en los próximos años.

La gran industria —y en general las grandes empresas, aun cuando sean de otros sectores de la actividad económica— posee comúnmente³³ medios para disponer de la tecnología más adecuada a sus propias necesidades comerciales. Desde luego que las empresas tienen como uno de sus objetivos vitales generar utilidades, pero aun sin perder de vista esta función básica puede concebirse una situación en la mayoría de los casos en que esas negociaciones velen también por los intereses nacionales. Pueden y deben evitarse situaciones en que —debido a algunas características de las tecnologías empleadas— se dañe el ambiente de la población local y es también legítimo aspirar a que muchas de estas empresas grandes realicen un esfuerzo por crear el máximo número posible de puestos de trabajo. Aquí es donde las tecnologías adecuadas pueden tener una importante función que realizar.

La tecnología adecuada —intensiva en trabajo, simple y de bajo costo, en pequeña escala, ambientalmente sana— no es una panacea. Sin embargo, dadas las condiciones de la gran mayoría de los países en vía de desarrollo —caracterizadas por excesiva dinámica demográfica, subempleo y desempleo, escasez de ahorro y de divisas, dispersión geográfica de la población y predominio de área rurales de baja productividad— no cabe duda que debería constituir un elemento positivo y deliberadamente definido de la estrategia y los programas y planes de desarrollo. Para ello se debe tener una actitud crítica hacia las tecnologías importadas de los países desarrollados y contar con criterios y elementos de juicio que permitan evaluar y discriminar las opciones tecnológicas. Asimismo se requiere contar con un mínimo de infraestructura institucional y de investigación, y efectuar aplicaciones prácticas con fines de demostración. Al lado de las tecnologías adecuadas a las necesidades locales de desarrollo pueden operar, en los sectores que correspondan, otras tecnologías avanzadas, mecanizadas, de gran escala, provenientes de los países desarrollados. No hay contradicción en ello. La tecnología, en sus diversas modalidades, debe estar al servicio de los requerimientos del desarrollo y adaptarse a las necesidades específicas de cada país, región, localidad o estructura económica y social.

En estas materias es mucho lo que podría lograrse mediante la cooperación internacional, tanto entre países desarrollados y países en vía de desarrollo, como entre los propios países del Tercer Mundo. □

32. En muy diversos sentidos, sin que necesariamente se disminuya el número de puestos de trabajo; pero un aumento de la productividad debe corresponder a perspectivas de ampliación de los mercados o a reducción del número de horas trabajadas. La mejoría de la calidad, obviamente, puede influir decisivamente en el primero de estos dos aspectos.

33. Desde luego no siempre. Hay muchos ejemplos de graves errores en la selección de equipos, para citar un solo aspecto tecnológico.