

La creación de tecnología como expresión cultural

Herrera, Amílcar O.

Amílcar O. Herrera: Investigador y Profesor, Fundación Bariloche, Buenos Aires/Argentina.

Existe un acuerdo general en los círculos interesados en la liberación de los países del Tercer Mundo, que éstos no deben seguir las mismas pautas de desarrollo que siguieran en el pasado los países actualmente más avanzados. Esta posición se basa no sólo en el reconocimiento de la dificultad material de repetir ese camino en las condiciones sociopolíticas actuales, sino también en el cuestionamiento de algunos de los valores básicos que orientan ese proceso. Se aspira a construir una nueva cultura que, al mismo tiempo que mantenga los elementos positivos aportados por la expansión de la "civilización industrial", incorpore los valores, metas y aspiraciones de las mayorías oprimidas de los países subdesarrollados, contribuyendo de esa manera a preservar y enriquecer la diversidad cultural de la humanidad.

Se admite también que en el proceso de liberación del Tercer Mundo, la ciencia y la tecnología deben jugar un papel decisivo. En este contexto la tendencia más generalizada es a considerar la tecnología como un insumo de la producción, cuya importancia mayor radica en su relación con el sistema económico. Es necesario entonces conseguir una mayor capacidad de negociación para importar tecnologías de los países avanzados, complementándola con un incremento de la capacidad propia de adaptación y manejo de las mismas. El objetivo final es llegar a producir tecnologías "competitivas" con las que se producen en las grandes potencias industriales.

El concepto subyacente es que el mayor obstáculo que en el campo de la tecnología se opone a la liberación del Tercer Mundo, radica en la contribución de ésta a la dependencia económica. Siempre que se las pueda "transferir" más o menos libremente, el *origen* de las tecnologías no condiciona significativamente la construcción de la nueva sociedad. Incluso cuando se habla de "dependencia cultural", la tecnología mantiene casi siempre - salvo en los casos extremos - de armas de exterminio, etc. - ese carácter relativamente neutro; la dependencia cultural se asocia casi siempre con la aceptación indiscriminada de las corrientes de ideas sociales, políticas, estéticas, etc., que emanan de los centros de poder mundial.

En nuestra opinión, esta concepción olvida, o no toma suficientemente en cuenta, que la tecnología, en el sentido antropológico, es el elemento más determinante de las formas culturales. En la medida que no se revalorice la tecnología como cultura, como modo de expresión social, la construcción de una sociedad realmente nueva seguirá siendo un objetivo inalcanzable. En lo que sigue trataremos de esbozar los elementos principales del problema.

En toda sociedad la tecnología se puede definir como el conjunto de instrumentos o herramientas materiales, conocimientos y habilidades utilizados para proveer a todas las necesidades de la comunidad y aumentar su dominio del medio ambiente. Define el "qué hacer" y "cómo hacer" de la sociedad. Paralelamente se puede definir un campo de conocimientos e ideas esencialmente explicativas que incluye la religión, las supersticiones, y el conocimiento científico propiamente dicho. Este último, aunque en forma muy rudimentaria, aparece aún en las primeras etapas de la civilización.

En las sociedades primitivas la tecnología tiene dos características distintivas: en primer lugar, es una tecnología simple, cuyos elementos son compartidos prácticamente por toda la comunidad, y cuyos instrumentos son fabricados - salvo raras excepciones - por la misma sociedad que los utiliza. En ese sentido, la tecnología forma una parte integral de la cultura - definida en sentido antropológico - individual y colectiva. La segunda característica es que se trata de una tecnología no científica: se desarrolla en forma empírica, sin conexión significativa con el cuerpo explicativo de conocimientos.

Esta situación no cambia sustancialmente en toda la antigüedad, hasta llegar a la cultura griega clásica. Aquí se produce un fenómeno que merece una consideración especial. Aparece en ese período en Grecia un florecimiento de las ciencias - en particular en el período Alejandrino - que puede compararse, por su nivel al que se produce en Occidente en el siglo XVI, y que constituye el nacimiento de lo que ahora se denomina Revolución Científica.

La diferencia fundamental, sin embargo con el proceso que comienza en el siglo XVI, es que la ciencia griega no generó una tecnología científica. La tecnología griega no fue significativamente superior a la de los otros pueblos de la antigüedad; si se toman incluso sectores específicos, como la agricultura por ejemplo, su desarrollo tecnológico no alcanzó el grado de sofisticación que tuvo en el altiplano de América del Sur con la cultura incaica, aparecida posteriormente, pero incomparablemente más atrasada en su desarrollo científico.

Las razones por las cuales la ciencia griega no llegó a generar una tecnología basada en la ciencia no son fáciles de determinar. La causa más probable, sin embargo, es que la sociedad griega, basada en gran medida en la mano de obra esclava, careció de estímulo social para buscar medios nuevos de aumentar la productividad del sistema económico. Esa falta de estímulo social explicaría también por qué el brillante florecimiento científico griego termina dejando muy pocos rastros en la sociedad de su tiempo, hasta que es retomado por Europa Occidental - después de un breve paso por la cultura árabe.

Este divorcio entre la ciencia y la tecnología continúa sin mayores cambios hasta bastante avanzada la Revolución Industrial que comienza en Inglaterra en el siglo XVIII. Desde el punto de vista que nos interesa, lo más significativo de este proceso es que no se inicia como consecuencia de la revolución científica que se inicia más de un siglo antes. Este hecho ha sido señalado, entre otros, por Hobsbawm: "Desde un punto de vista tecnológico... la revolución industrial británica no fue particularmente avanzada o científica; y es muy fácil demostrar que la tecnología y la ciencia necesarias para llevarla a cabo estaban ya disponibles, en la década 1690-1700 o se encontraba al alcance, sin mayores esfuerzos, de la tecnología de ese período. Por consiguiente, para explicar la explosión imprevista de la Revolución Industrial no se debe invocar el *deus ex machina* de los descubrimientos científicos o las invenciones técnicas." Blackett dice también: "Durante los primeros doscientos años de la ciencia moderna, desde 1600 hasta 1800, la ciencia aprendió mucho de la tecnología, pero le enseñó a ésta relativamente poco."

Los factores que generaron la Revolución Industrial fueron fundamentalmente sociopolíticos. Entre estos se destaca la revolución en la agricultura, que si bien había avanzado a todo lo largo del siglo XVIII, alcanza su máxima intensidad con la demanda de alimentos generada por las guerras, que se satisface mediante el aprovechamiento de todas las tierras disponibles, pero, aún más importante, a través de un rápido incremento de la productividad originado por la introducción de nuevas metodologías de cultivo. Este mecanismo enriqueció a los propietarios pero, al disminuir drásticamente la necesidad de mano de obra, se empobrecen los trabajadores, que emigran entonces hacia las zonas donde comienza la industrialización.

Otro factor decisivo fue la creación - a través de la expansión creciente de la actividad comercial, favorecida por el poderío marítimo y la expansión colonial, y de la explotación intensiva de la tierra por un reducido grupo de propietarios de mentalidad mercantil, de una burguesía enriquecida que, al ascender al poder político con sus nuevos valores, barre con los últimos vestigios de la mentalidad medieval.

La participación realmente decisiva de la ciencia en la revolución industrial, ésta no se hubiera seguramente producido de no existir los factores socioeconómicos que hicieron posible la utilización de los productos de la creatividad científica a los fines del progreso social. Es muy probable que sin las demandas tecnológicas del sistema de producción, el despertar científico de Occidente hubiera tenido una evolución mucho más lenta, o se hubiera paralizado, totalmente, como sucedió en la Grecia Clásica.

Como es bien sabido, el otro gran impulso a la ciencia lo dan algunos grandes acontecimientos de nuestro siglo - las dos guerras mundiales, y la competencia entre las grandes potencias por el dominio de los campos más avanzados de la tecnología que generan una muy fuerte demanda de investigación científica. En resumen, el progreso de la ciencia moderna ha estado siempre íntimamente ligado a la existencia de una demanda social efectiva de sus aplicaciones prácticas.

Con la aparición de la tecnología científica, se produce un fenómeno que condiciona en gran parte las características del mundo moderno. La creación de la tecnología, que durante todo el transcurso de la existencia de la humanidad había sido una actividad más o menos común a todos los grupos humanos, se convierte cada vez más en el privilegio de un pequeño grupo de naciones y, dentro de éstas, de instituciones o empresas capaces de financiar el creciente costo de la investigación. Para gran parte de la humanidad, y muy en particular para los países actualmente subdesarrollados - los que no participaron de las fases de creación y expansión de la revolución industrial - la tecnología se convierte en un *factor exógeno* de cuya creación no participan. Los países del Tercer Mundo, al importar o copiar tecnologías indiscriminadamente, importan *cultura* - modos de hacer, valores, sistemas de relaciones humanas, etc. - ya que las primeras son inseparables y condicionantes de la segunda.

De esta manera, los procesos de liberación, aún teniendo éxito en el plano político, se ven frustrados en su objetivo último de construir realmente una nueva sociedad basada en los propios valores.

Incapaz de materializarse en modos concretos de expresión, el nuevo proyecto social terminará copiando, a través de la tecnología, los valores y estructuras que quiso rechazar.

Este fenómeno se produce, no porque la ciencia sea intrínsecamente un instrumento de dominación económica y social, sino porque las tecnologías que genera, y que

responden a los fines, necesidades y aspiraciones de los países desarrollados, se presentan como únicas y predeterminadas por el desarrollo "natural" del conocimiento científico. Se olvida el hecho esencial que, en la mayoría de los casos, la solución tecnológica que una sociedad adopta para un determinado problema, es sólo una de las muchas que pueden extraerse del conocimiento científico existente. Se transmite así a las tecnologías, el carácter de universalidad de los conocimientos básicos en que se originan. De esta manera, el virtual monopolio de la producción científica por los países avanzados se convierte en un instrumento de dominación comparable al poderío militar en el siglo pasado; pero tanto más eficaz, cuanto para la gran masa de los habitantes de esos países no se trata de una posición consciente o "premeditada", sino de una actitud que surge también de la aceptación de la tecnología que producen como la única posible, y determinada unívocamente por el avance del conocimiento científico.

La única solución para los países en desarrollo, es recuperar la tecnología como parte realmente integrante de su cultura. Convertirla de elemento exógeno condicionante, en modo legítimo de expresión de sus propios valores y aspiraciones. Este planteo no responde, por supuesto, a la posición ingenua que supone que es necesario reinventar toda la tecnología. El problema principal es recuperar la capacidad de decisión social del uso y fines de la tecnología; esto requiere invención en el sentido lato, pero en la mayoría de los casos, por los menos en el futuro próximo, *adaptación* de elementos tecnológicos creados en los países más adelantados.

Esto exige redefinir en cierto modo, lo que se entiende generalmente por adaptación de tecnologías. En la forma en que ha sido tratada hasta ahora, implícitamente ó explícitamente, se refiere esencialmente a incorporar un determinado producto o proceso en *bloqueo*, pero tratando de adaptarlo a las particulares condiciones *económicas* del país recipiente: disponibilidad de mano de obra, capital y materias primas, mercado, etc. En general no se cuestiona el uso o fin social del producto, sin su posibilidad de producción económica en el mercado local.

Para plantearse el problema correctamente, conviene quizás comenzar por diferenciar entre la tecnología englobada en un producto o proceso final, y los elementos tecnológicos que la componen. Toda tecnología - en el sentido usual de solución específica de una determinada necesidad - es el resultado de una combinación de diversos elementos pertenecientes a uno o varios campos de la actividad científica y tecnológica. Una combinación diferente de elementos - que no requiere ningún avance revolucionario en la tecnología - puede dar un producto final que responda a necesidades sociales completamente distintas.

Un ejemplo muy simple puede ser el de los grandes equipos utilizados en la construcción de ciertas grandes obras de infraestructura, como caminos, canales, etc. La mayoría de los países subdesarrollados realizan sacrificios económicos para comprar los costosos equipos construidos en los países industrializados para realizar esas tareas. Se da así la situación que a centenares de desocupados contemplan admirados el trabajo de una máquina diseñada para ahorrar mano de obra en países donde ésta es comparativamente muy cara.

La solución más racional en este caso no es, obviamente, retornar a las formas primitivas de trabajo casi exclusivamente manual, ni construir la misma máquina en la industria local. Un enfoque más realista sería diseñar equipos más baratos y más simples, al alcance de una capacidad industrial menos desarrollada y que permita establecer una relación capital/trabajo más adecuada a las condiciones locales. Para ello no se necesita realizar ningún avance tecnológico fundamental; basta con utilizar en forma distinta elementos tecnológicos bien conocidos.

La concepción del automóvil como la encarnación misma de la tecnología automotriz, y no como un producto específico de una tecnología capaz de contribuir en las más diversas formas a resolver el problema del transporte en condiciones económicas y sociales muy distintas, es otro ejemplo de los tantos que se podrían mencionar.

En muchos campos de la actividad económica y social es evidente que la adaptación no es suficiente, y sería necesario un gran esfuerzo de creación tecnológica original. En especial, en aquellos problemas que por ser específicos de las particularidades geográficas y ambientales de muchos países subdesarrollados no han sido investigados por los países más avanzados, y en los que surgen de plantearse vías y objetivos inéditos en el proceso de desarrollo social.

Es muy claro que en muchos casos es muy difícil diferenciar entre adaptación - según el criterio con que la hemos definido - e investigación científica y tecnología en sentido estricto. Se trata de enfoques que, en ambos casos, requieren imaginación, capacidad creadora, y un conocimiento y vivencia muy lúcidos de los objetivos y valores de la sociedad a que se aspira.

En los países del Tercer Mundo, aún en aquellos en los cuales se han iniciado profundos procesos de cambio en el terreno político y social, no se han dado avances realmente significativos - con la posible excepción de China, de la cual no tenemos información suficiente - en ese objetivo de recuperar la tecnología como un modo

de expresión de los propios valores culturales. Más aún, no es posible negar que existe un creciente escepticismo con respecto a la posibilidad misma de hacerlo, en los medios más interesados en la problemática del subdesarrollo.

Las causas principales de esta actitud negativa son, en nuestra opinión, las siguientes: en primer lugar, la comprobación, empírica de lo que acabamos de señalar: el hecho de que aún los países que han transformado sus estructuras socioeconómicas, siguen orientando sus soluciones por los grandes países capitalistas avanzados. El reciente ejemplo de la Unión Soviética, acudiendo a capitales extranjeros para incrementar la fabricación de automóviles standard, para descubrir probablemente dentro de veinte años aquello que las grandes potencias capitalistas ya están percibiendo ahora, es decir, que el automóvil es una de las soluciones más dispendiosas y socialmente irracionales del problema del transporte humano, es uno de los ejemplos ilustrativos.

En segundo lugar, la creación de una capacidad tecnológica integral es necesariamente un objetivo de largo plazo, mientras que la multitud de problemas de los países atrasados presiona por soluciones inmediatas. En estas condiciones, es natural que se opte por usar las tecnologías ya desarrolladas, que permiten ahorrar tiempo, aunque no sean las más apropiadas a los objetivos últimos de la sociedad. Se supone que se trata de soluciones para "un período de transición", durante el cual de alguna manera se irán creando las condiciones para una nueva etapa más renovadora. Se olvida así que un período de transición que abarque el lapso de una generación, termina por cristalizar y hacer permanente los principios y valores que comenzaron por adoptarse como provisorios.

Finalmente, el factor quizás más determinante es el enorme prestigio de las tecnologías creadas en los grandes centros de poder mundial. Este actúa según dos acciones complementarias: por un lado, la complejidad, sofisticación y eficiencia de esas tecnologías las hacen aparecer virtualmente como las únicas respuestas posibles a las demandas sociales a las que satisfacen; por el otro, el prestigio de las tecnologías se transmite a estas demandas sociales - que son al mismo tiempo efecto y *causa* de la tecnología - contribuyendo así a hacerlas adoptar también como las únicas legítimas, o por lo menos, como las más modernas o "adelantadas".

El nudo del problema es entonces que mientras los países subdesarrollados no escapan a esta doble cadena causal - es decir, mientras sigan adoptando indiscriminadamente las pautas culturales de los grandes países capitalistas - la tecnología que éstos producen es - en la práctica, aunque no teóricamente - realmente la única

posible. En efecto, la eficiencia del aparato científico que respalda esa tecnología hace muy problemática - y difícilmente justificable en términos de costo social - la posibilidad de reemplazarla con soluciones locales diferentes. El camino que se impone naturalmente y que es el seguido o intentado en casi todos los casos hasta ahora, es copiarlas o adaptarlas en el sentido puramente económico a que nos hemos referido antes.

Aún un análisis tan esquemático como el que acabamos de hacer, muestra que la creación de una capacidad tecnológica propia que permita concretar los proyectos de sociedad implícitos en el Tercer Mundo es una tarea de largo plazo y difícil, no tanto por las restricciones materiales, como por la larga tradición de aceptación de los valores culturales impuestos directa o indirectamente por las grandes potencias capitalistas.

Dada la complejidad del problema, que sobrepasa en mucho el dominio de lo estrictamente científico y tecnológico para comprender aspectos sociales, políticos y culturales, el diseño de cualquier estrategia para enfrentarlo requiere un replanteo profundo de los conceptos utilizados hasta ahora en la planificación del desarrollo científico. Para comenzar, conviene volver a examinar, aunque desde una óptica algo distinta de la que utilizamos antes, algunas de las características distintivas del origen de la civilización industrial.

Como ya hemos visto, el rastro más significativo de la Revolución Científica de Occidente es que esta sólo toma realmente impulso debido a las demandas de tecnología generadas por la sociedad: en primer término como consecuencia de la Revolución Industrial, y luego a raíz de los conocidos acontecimientos de este siglo.

El proceso comienza, en términos generales, cuando las tecnologías artesanales utilizadas en las primeras fases de la revolución industrial resultan insuficientes para las crecientes demandas del aparato productivo. Se produce así la incorporación de las primeras tecnologías basadas en descubrimientos científicos; las más conocidas son las que facilitan la rápida expansión de la industria química, y las que permiten el uso de la electricidad como fuente de energía.

En esta primera etapa la creación de tecnologías científicas es más bien errática, se produce sobre todo por la actividad de técnicas que trabajan más o menos aisladas, - el clásico "inventor" del siglo XIX - y tiene muy poca conexión orgánica con el sistema científico propiamente dicho. Esta conexión se establece muy lentamente - en parte por la resistencia del estrato científico a través de un mecanismo bien conoci-

do ahora: un descubrimiento científico origina tecnologías que se aplican a un aspecto determinado del proceso productivo. La continua expansión de este producto, pronto descubre nuevos campos posibles de aplicación para dicha tecnología, pero para ella se requiere ampliar los conocimientos existentes sobre el fenómeno natural en que se basa. Esto estimula la investigación aplicada, que, a su vez, profundiza en otros aspectos, hasta ese momento desconocidos de la problemática estudiada, descubriendo nuevas aplicaciones prácticas posibles. Estas se traducen en tecnologías que se incorporan al aparato productivo, reiniciándose el ciclo descripto.

Entre los sistemas de investigación aplicada e investigación básica se establece una relación parecida, aunque menos orgánica y más flexible. Además del aprovechamiento por el sistema de investigación aplicada de conocimientos generados por la investigación básica, el primero obtiene con frecuencia resultados que abren nuevos campos e interés a la investigación fundamental, produciéndose el ciclo de realimentación que ya hemos visto en la relación entre investigación aplicada y desarrollo.

En los países avanzados, entonces, la mayor parte de la producción científica está generada directa o indirectamente por las demandas del sistema productivo. Además, las características y orientación de este último - que en su forma actual nace con la Revolución Industrial - están determinadas por los valores y aspiraciones de la sociedad en que se insertan. Nacida por la acción de una burguesía dinámica que transformó la sociedad de su tiempo, representa y traduce las aspiraciones de esa sociedad, en la medida en que esa clase social las encarna.

En conclusión, y esto es lo más importante desde el punto de vista del problema que estamos considerando, el carácter de la producción científica y tecnológica de los países desarrollados está determinado esencialmente de "abajo" hacia "arriba", a través de la demanda que el conjunto de la sociedad ejerce sobre el aparato productivo.

Este mecanismo social contrasta radicalmente con el que opera en los países subdesarrollados. En estos, y debido al papel de productores de materias primas que se les asigna en el esquema de poder mundial, los sistemas científicos aparecen tardíamente, y más como elemento cultural que como respuesta a una demanda efectiva de investigación. Por esta razón se orientan principalmente a la investigación básica, y faltos de estímulo para seleccionar líneas propias de trabajo, siguen las que tienen más prestigio en el ámbito científico internacional, dominado por la

producción de las grandes potencias. Esta actitud no sería de por sí negativa, ya que en una primera etapa ésta es probablemente la manera más rápida de elevar el nivel de los equipos científicos locales. El problema aparece porque las comunidades científicas del Tercer Mundo tienden a considerar la actual estructura de la actividad científica mundial en el sentido de distribución del esfuerzo, prestigio de los temas, etc. - como la encarnación misma de una "ciencia universal" que evoluciona en forma más o menos libre según una dinámica que le es propia. Este concepto se transmite fácilmente a las tecnologías que produce esa misma ciencia, contribuyendo así de alguna manera a "sacralizarlas".

Otro rasgo diferencial con los países más avanzados, y que está relacionado con el anterior, es la falta en los países del Tercer Mundo del estrato de "tecnólogos" que en aquellos conecta a los profesionales de la Ingeniería - tomados en el sentido amplio del personal calificado, en general de origen universitario, que dirige la operación del aparato productivo, incluido servicios - con el sistema de investigación científica. En los países desarrollados este estrato está integrado principalmente por ingenieros que trabajan en el sistema productivo, y que tienen experiencia en investigación aplicada o de desarrollo, adquirida a veces como parte de su entrenamiento universitario de post-grado, o más comúnmente en institutos especiales o en los departamentos de ID de las grandes empresas. Este grupo, cuyos integrantes se mueven en la "interface" entre los sistemas productivo y de creación científica, es el que contribuye decisivamente a dinamizar el mecanismo de realimentación a que hemos hecho referencia antes.

En los países del Tercer Mundo, el estrato de ingenieros tiene características muy diferentes. Se forman en universidades donde la investigación es prácticamente inexistente, donde sólo se trata de formar profesionales que conozcan y puedan manejar las tecnologías creadas en los países avanzados, y donde el grado de excelencia de la enseñanza se evalúa casi exclusivamente en función de la "modernidad" de las tecnologías que se tratan. Muchos de estos ingenieros son enviados periódicamente al exterior por las empresas que los emplean. Se ha insistido mucho sobre la importancia que esto tiene para impulsar el progreso tecnológico de sus países de origen, pero en realidad, la gran mayoría de ellos son enviados solamente para aprender a manejar nuevos procesos de producción y no para participar en su desarrollo. A su regreso deben limitarse a aplicar las técnicas aprendidas en el exterior, sin tener oportunidad de realizar una tarea verdaderamente creadora.

Este conjunto de circunstancias, unido a la falta casi total de investigaciones aplicadas en los sistemas científicos locales, hace que este estrato de técnicos tenga una

fuerte tendencia a aceptar sin mayor juicio crítico las tecnologías que se producen en el exterior, y con ellas sus sistemas de valores y de adecuación social. Constituyen así el elemento más importante de la consolidación del prestigio de esas tecnologías.

En resumen, y a la inversa de lo que sucede en los países desarrollados, en los países del Tercer Mundo el carácter de las tecnologías adoptadas se determina esencialmente de "arriba" hacia "abajo". El sistema científico y tecnológico - independientemente de la ideología personal de sus integrantes actúa principalmente como receptor más o menos pasivo de los productos terminales de la actividad de ID que se efectúa en los centros de poder mundial, y los transmite al resto de la sociedad.

Además, y como es bien sabido, los productores de estas tecnologías, diseñadas para sociedades de niveles de vida medio mucho más altos, sólo llegan a un pequeño sector privilegiado que comparte esos valores y pautas de consumo. Los sectores mayoritarios de la población, deslumbrados por el prestigio que el mundo científico y las clases altas confieren a esas tecnologías, tienden finalmente a verlas como el paradigma mismo de la cultura y el progreso. Como al mismo tiempo las perciben de alguna manera como inalcanzables, se origina el sentimiento de impotencia y frustración que es la consecuencia natural de la imposibilidad de concebir soluciones viables basadas en sus propios valores y en su situación concreta.

El propósito central de lo expuesto es mostrar que para que los países del Tercer Mundo recuperen la tecnología como forma de expresión propia, no basta actuar solamente sobre el sistema científico. El objetivo primordial debe ser revertir la situación actual, haciendo que los sistemas de ciencia y tecnología dejen de ser casi exclusivamente receptores y transmisores de tecnologías generadas en el exterior, para convertirse en la manifestación legítima y dinámica de las aspiraciones y la capacidad creativa de la sociedad.

Esta aspiración es, por supuesto, muy difícil de cumplir. Los mecanismos que actuaron en el pasado en los grandes países de Occidente estableciendo la conexión dinámica entre la actividad científica y el cuerpo de la sociedad, ya no se dan espontáneamente, por lo que acabamos de ver, en los países subdesarrollados. Aún en los casos en que se crean las precondiciones políticas adecuadas. La historia muestra que la nueva sociedad tiende a heredar las rigideces de la anterior en este campo, debido al prestigio que las tecnologías conocidas tienen en el sistema científico, y a la tradición de aislamiento social de este sistema. Este último rasgo se ve favorecido por la vigencia de estructuras de conducción muy jerarquizadas, que

traban la participación efectiva de las mayorías populares en los procesos de decisión social.

¿Cuál es entonces, la estrategia adecuada para lograr ese cambio en la orientación y contenido de la producción tecnológica de los países del Tercer Mundo? No pretendemos poder dar una respuesta a este interrogante, ni creemos que exista una solución única con la información y conocimientos actuales. Nuestro propósito es tratar de formular lo más claramente posible el problema, de manera de sugerir las principales líneas a investigar. Sólo con el carácter de contribución a esta tarea, esbozamos a continuación algunas ideas que nos parecen relevantes.

Aunque parezca redundante decirlo, el primer requisito para poder comenzar a aplicar las líneas de acción que vamos a exponer, es la existencia de un real proceso de cambio. Esto significa que el viejo proyecto nacional, el que impera en la mayoría de los países del Tercer Mundo, está siendo reemplazado por otro que represente los intereses de las clases populares.

Entendemos como *proyecto nacional* el conjunto de objetivos, el modelo de país, al que aspiran las clases o los sectores sociales que tienen, directa o indirectamente, el control político y económico de la comunidad. Lo más importante de esta definición es que se refiere a un conjunto de objetivos concretos y, sobre todo, concebidos por una élite dirigente con poder apto para articularlos e implementarlos. No se trata de lo que se denomina vagamente "aspiraciones nacionales" o "ideal nacional", y que se supone representa el ideal de sociedad al que aspira el conjunto de la comunidad, o la mayoría; esto sólo puede convertirse en proyecto nacional cuando es asumido por el sector de la sociedad que ejerce realmente el poder, y tiene por lo tanto capacidad para implementarlo.

En América Latina estas condiciones sólo se dan, en diverso grado, en Cuba, Chile y Perú; son por lo tanto los países donde puede comenzar a aplicarse efectivamente la estrategia que nos ocupa. En los otros, sus posibilidades están limitadas a la acción que puedan desarrollar los grupos de científicos más progresistas dentro del sistema de planificación y ejecución de ID.

Los objetivos esenciales son de largo plazo, y sus efectos sólo se irán sintiendo gradualmente en el conjunto de la sociedad. Durante un primer período los requerimientos de corto y mediano plazo deberán satisfacerse, naturalmente, con las tecnologías disponibles. No obstante, la *selección* de tecnología debe basarse en su adecuación a los fines sociales de largo plazo, y no solamente en la conveniencia eco-

nómica inmediata. El producir los *mismos* bienes que se consumían antes, tratando de distribuirlos mejor no es suficiente: en primer lugar por razones prácticas -un país subdesarrollado no puede pretender, en un plazo razonable, alimentar adecuadamente a su población, darle vivienda y distribuir un automóvil por familia- y en segundo término, y más importante, porque a través de ese mecanismo se perpetúan los valores de la vieja sociedad. La selección de tecnologías en el período de transición juega, por lo tanto, un papel decisivo en la compatibilización de los objetivos de corto y largo plazo de la política científica.

En el plano específico de la conducción y orientación de la producción científica y tecnológica, los dos objetivos esenciales a lograr son los siguientes:

- a) Inducir la participación activa de toda la comunidad en el proceso de generación de soluciones tecnológicas
- b) Reorientar la acción del sistema científico y tecnológico de manera de hacerlo más flexible y receptivo a las demandas de la sociedad.

Las ideas que a continuación se exponen son algunas de las que, a nuestro criterio, podrían contribuir al logro de ese doble objetivo:

- a) Sería necesario organizar la investigación sobre la base de *problemas* y no de disciplinas particulares.

Para ello se requiere, en primer término, identificar estos problemas o áreas de investigación. Deben ser lo suficientemente generales e importantes, como para justificar la creación de grupos permanentes de investigación; como ejemplos ilustrativos se pueden citar agricultura de riego, minería, salud, educación, etc.

La identificación deberá ser efectuada con la participación de los investigadores, y consultando todos los elementos representativos de la comunidad, tales como instituciones oficiales, sindicatos, intelectuales, etc. El debate debe ser amplio, y definir no solamente las áreas de problemas, sino también la orientación general con las cuales los mismos deben ser encarados. No basta definir "salud" como problema: es necesario además aclarar si se trata de organizar la asistencia médica en el sentido clásico, o si se trata del problema de la salud en un sentido social amplio. En esta etapa se definen, en forma general, los *finés sociales de la investigación*.

Una vez identificados esos problemas es necesario determinar la composición, en términos de especialidades, de los grupos de investigación que deben ocuparse de cada uno de ellos. Esto dará el marco institucional adecuado para la investigación multidisciplinaria.

Es necesario revisar también el concepto corriente de investigación multidisciplinaria. En muchos casos, y esta es posiblemente la concepción más generalizada, se entiende por trabajo multidisciplinario la colaboración de especialistas de distintos campos en un proyecto particular.

La necesidad de una concepción más profunda de la investigación multidisciplinaria nace de la creciente comprensión de que no existe prácticamente ningún problema social importante que no requiera, además de la contribución de las tecnologías físicas en sentido estricto, el aporte de disciplinas humanas y sociales - medicina, psicología individual y social, economía, sociología, etc. - La investigación multidisciplinaria debe darse entonces en la etapa de *planteo* de los problemas, es decir, en la fase de *investigación básica*, y no meramente en la fase de proyecto individual.

Lo anterior se puede ilustrar con un ejemplo: los proyectos de planificación urbana. En casi todos los proyectos de este tipo la tarea central está a cargo de arquitectos e ingenieros; los científicos humanos y sociales solamente "asesoran" en distintas etapas del proyecto, sobre las implicaciones del mismo en sus respectivos campos. Este cuadro puede variar algo, pero casi siempre se cumple en lo fundamental. Lo que se requiere, sin embargo, es plantear el problema desde el comienzo. Una ciudad es un sistema de interrelaciones humanas y sociales de los cuales lo "urbanístico" en sentido estricto - es decir, lo edilicio - es sólo su manifestación física. El estudio del problema urbano debe comenzar entonces por el estudio de la ciudad como *medio humano*, en un determinado contexto socioeconómico, político y tecnológico. Sin duda se realizan estudios parciales en ese sentido, pero para llegar aunque sólo sea a un planteo correcto del problema, es necesaria la constitución de grupos multidisciplinarios que enfrenten el tema desde sus bases. Para ello es preciso que trabajen en equipo por un largo tiempo; el suficiente para desarrollar un lenguaje común y una comprensión profunda de la temática involucrada. Sólo a partir de este trabajo de investigación básica se pueden generar proyectos que realmente contemplan la ciudad en toda su significación.

La organización de la investigación alrededor de problemas, la participación de la comunidad en la definición de los mismos y en el planteo del tipo de solución a buscar, y la integración de equipos verdaderamente interdisciplinarios puede ser

un instrumento muy efectivo para lograr la comunicación dinámica entre ciencia y cuerpo social. No cabe duda que es un mecanismo difícil de implementar, y que llevará un largo tiempo para que sea realmente efectivo, pero se trata del tipo de actividad que sólo se aprende practicándola.

En la etapa de *ejecución* de la investigación, es decir, en el de diseño de tecnologías, es también vital la participación de los destinatarios de las soluciones. Refiriéndose a la Revolución Industrial dice Hobsbawm: "Afortunadamente se necesitarán pocos refinamientos intelectuales para hacer la Revolución Industrial. Sus invenciones técnicas fueron extremadamente modestas y de ninguna manera superaban la capacidad de artesanos inteligentes experimentados en sus talleres, o la habilidad constructiva de carpinteros, cerrajeros y constructores de instalaciones de fábricas . . ."

Es indudable que las condiciones actuales no son las mismas que a comienzos del siglo XIX. Sin embargo, en los artesanos y trabajadores de los países subdesarrollados existe un enorme caudal de experiencia, de conocimientos y de imaginación, que pueden ser de gran importancia para diseñar las soluciones tecnológicas apropiadas *a las condiciones particulares de esos países*. No se trata, obviamente, de *adoptar* las técnicas específicas que ellos usan, sino de extraer las ideas, los enfoques originales que puedan contener, e investigarlos en función de las posibilidades de la ciencia moderna. Teniendo en cuenta que muchos de los problemas de los países subdesarrollados no han sido estudiados por la ciencia internacional por ser específicos de esos grupos humanos, la utilidad mayor de ese aprovechamiento de la experiencia local puede ser, más que la contribución de soluciones concretas, el aporte de enfoques originales que estimulen a investigar en direcciones no exploradas todavía. Además, es la forma más efectiva de ir incorporando en "modos de hacer" los valores específicos de una cultura.

Para facilitar y sistematizar esta búsqueda de nuevas soluciones, sería interesante explorar algunas de las técnicas que se están usando en prospectiva tecnológica. El denominado análisis morfológico es en este sentido uno de los más promisorios. Ha sido definido como la "técnica de identificar, listar, contar y parametrizar la colección de todos los posibles dispositivos para alcanzar una capacidad funcional especificada". Tiene la ventaja de posibilitar un examen sistemático y exhaustivo de todas las soluciones técnicas posibles a un problema dado.

Para aplicar este método se comienza por definir con mucha precisión el problema a resolver, o el dispositivo a construir, con lo cual es posible identificar los paráme-

tros importantes de los cuales depende la solución. Se sigue luego definiendo para cada parámetro el conjunto de valores independientes que pueden tener, y se construye finalmente una matriz que permite determinar todas las soluciones posibles al problema.

Esta metodología ha sido usada para algunos proyectos tecnológicos muy complejos, pero podría ser de suma utilidad para la búsqueda de soluciones para los países subdesarrollados. Tiene la ventaja que ayuda a romper los esquemas preestablecidos, porque uno de sus principios básicos es que ninguna solución puede ser rechazada *a priori* aunque parezca poco práctica o factible.

Un punto de especial importancia, es el papel que la investigación básica debe jugar en los países del Tercer Mundo. Existe una tendencia bastante generalizada a suponer que, dada la escasez de medios y la urgencia de los problemas de esos países, el esfuerzo debe concentrarse en la investigación aplicada y de desarrollo, dejando por ahora en un plano muy relegado a la investigación básica. Dentro de esa posición general, aún muchos de los que admiten la importancia de la investigación fundamental, sostienen que esta debe dejar de lado por ahora los campos demasiado abstractos o teóricos en los cuales no se vean posibilidades de resultados aplicables más o menos en forma inmediata a problemas "concretos".

A nuestro criterio, esta concepción es equivocada por las siguientes razones principales:

a) El prestigio de la tecnología internacional hace olvidar con demasiada frecuencia que cada tecnología singular es sólo una de las respuestas posibles a una demanda determinada, *a partir de un cuerpo de conocimientos básicos*. El carácter de esta respuesta depende de las características específicas de la sociedad que la adopta. Un objetivo esencial de los países atrasados debe ser el de utilizar el mismo enorme caudal de *conocimientos* acumulado, para buscar sus soluciones propias. En otras palabras, aprovechar la materia prima intelectual y no sus productos terminales. Esta función sólo la puede cumplir un subsistema de investigación básica bien desarrollado.

b) Es imposible establecer *a priori* si un tema de investigación teórica puede dar finalmente resultados aplicables a problemas prácticos. No vale la pena repetir aquí las múltiples ocasiones en la historia de la ciencia en las cuales investigaciones muy teóricas condujeron finalmente a grandes progresos tecnológicos. Lo que sí vale la pena destacar es que el concepto que estamos criticando invierte realmente el pro-

blema: cuando se tiene relativamente claro el tipo y carácter de las tecnologías que se van a utilizar, puede tener sentido considerar ciertas líneas de investigación teórica como irrelevante; cuando por el contrario, el problema es encontrar vías inéditas, es precisamente la exploración teórica de campos relativamente inexplorados lo que puede sugerir soluciones nuevas.

No proponemos, por razones obvias, explorar sistemáticamente todas las líneas posibles de investigación teórica. Lo que nos parece esencial es fomentar la investigación básica en todos aquellos campos donde sea factible, y estimular en todo lo posible a los jóvenes científicos que desean encarar nuevos temas. No debe olvidarse, finalmente, que en muchos campos la investigación teórica requiere relativamente pocos recursos materiales, y permite aprovechar plenamente la capacidad cerebral, uno de los pocos recursos "blandos" de que disponen los países subdesarrollados.

c) En cualquier área de la producción tecnológica, la posibilidad de encontrar soluciones alternativas a un determinado problema aumenta a medida que "subimos" en la secuencia que va de investigación básica - o básica orientada a desarrollo o producto terminal. Por esta razón, los países subdesarrollados deben tratar de iniciar la búsqueda de las tecnologías más adecuadas a sus necesidades, en el punto más alto posible de la cadena de ID.

El lograr un mucho mejor aprovechamiento de la capacidad creadora de los científicos y tecnólogos jóvenes puede ser también un factor determinante en la transformación del sistema científico. Esta apreciación no se basa en una mitificación de la juventud como tal, sino en elementos de juicio objetivos. El más significativo, es el papel destacado de los investigadores jóvenes en el cambio de actitud que se está produciendo en el mundo, y especialmente en los países del Tercer Mundo, con respecto a los fines y valores de la actividad científica. La antigua tradición de la objetividad - especialmente en el campo de las ciencias sociales - y de la neutralidad valorativa de la ciencia en general, está siendo crecientemente cuestionada en favor de una actitud que tiene más en cuenta los valores éticos y el compromiso social de la ciencia. Sin este cambio de mentalidad, liderada sobre todo por los científicos jóvenes, no es posible conseguir ninguno de los objetivos que estamos enunciando.

Otra razón que lleva a asignarle un papel especial a los investigadores jóvenes tiene más que ver con la actividad científica como tal. Un hecho bien conocido en el ambiente académico es que casi todos los grandes avances de la física contemporánea

nea - los que cambiaron radicalmente sus conceptos - fueron realizados por científicos muy jóvenes. La razón no es, obviamente, que un investigador sea más "inteligente" a los veinte años que a los cuarenta. La explicación es otra: la Física "clásica", la fundada por Galileo y Newton y que llega prácticamente hasta Einstein, es una de las construcciones intelectuales más notables de la historia. Su elegancia, perfección y capacidad explicativa la convirtieron en un monumento intelectual aparentemente inexpugnable. Se explica así que sólo científicos jóvenes y talentosos, cuya capacidad crítica no había sido todavía embotada por largos años de acatamiento a las verdades establecidas, pudieron percibir las pequeñas fisuras del edificio, y a través de ellas cuestionar las bases mismas de su estructura.

La situación de la tecnología producida por el sistema internacional de ID se parece - salvando las naturales diferencias de contexto - a la de la Física clásica hacia fines de siglo pasado. Se presenta como una construcción tan imponente, con una capacidad aparentemente tan grande de responder a las demandas sociales prestigiadas por los países desarrollados, que resulta muy difícil concebir soluciones tecnológicas distintas. Aquí también, entonces, la capacidad crítica de los científicos y los tecnólogos jóvenes, puede ser decisiva para encontrar nuevos caminos.

Para liberar esta fuente potencial de creación, es necesario cambiar algunos viejos hábitos de la comunidad científica, entre ellos, el peso que se le asigna habitualmente a la experiencia en la asignación de tareas, *especialmente en el terreno de la tecnología*. No cabe duda que la gran importancia que se le da a la experiencia tiene su justificación en situaciones "convencionales". En lo que estamos tratando, sin embargo, es indispensable romper con los criterios convencionales, y afrontar los riesgos que ello significa.