

El Desarrollo Biotecnológico y sus Efectos en el Proceso Productivo

Noé Montealegre Jiménez

Una de las conclusiones importantes a las que llegó el Primer Seminario Latinoamericano de Reconversión Industrial celebrado en Ixtapa, Guerrero, el mes de junio de 1987, fue que "En el mundo de hoy, es indudable el impacto de la ciencia y la tecnología en todas las actividades humanas, porque en forma inexorable modifica los hábitos de vida y las tendencias sociales. La nueva revolución tecnológica-industrial, que aún no termina, ya está ocasionando profundas transformaciones en las estructuras productivas de los países más avanzados y, eventualmente, tendrá una influencia trascendental en los niveles de vida de la humanidad".¹

En efecto, los cambios tecnológicos suelen afectar sensiblemente los ritmos de vida de las sociedades. Recuérdese, por ejemplo, los cambios registrados por la humanidad debido a la revolución industrial de mediados del siglo XVIII, como resultado de la invención de la máquina de vapor, y la más reciente, iniciada a finales del siglo XIX, derivada de innovaciones tecnológicas de gran impacto, como el uso generalizado de la electricidad, la aparición del motor de combustión interna y el desarrollo del ferrocarril, entre otras.

Actualmente estamos presenciado el surgimiento de una tercera gran revolución tecnológica que comenzó a mediados de la década de los años 70. Esta tercera revolución tiene como elementos determinantes de su locomoción el uso de la energía atómica y nuclear, de la microelectrónica, del ADN y de la organización en las actividades sociales.

Estas nuevas fuerzas energéticas han hecho posible la aparición del microprocesador, que ha cambiado el rumbo de la computación y de la informática, y ha abierto las puertas de la robótica; además, con la biotecnología se impulsará el desarrollo de nuevos materiales con propiedades antes no disponibles: polímeros y materiales

cerámicos para construir máquinas de combustión interna, así como superconductores, que permitirán, en suma, insertarse, de una manera amplia y profunda, en las estructuras productivas de bienes y servicios, tanto de bienes finales como de capital, modificando, de raíz, muchos de los principios y esquemas hasta ahora aceptados tanto social, como económica y políticamente, sin mencionar otros aspectos de la vida social, a los cuales también están afectando.

La presente revolución tecnológica está siendo tan profunda que ha cambiado, incluso, la concepción de tecnología que se mantuvo durante mucho tiempo. Todavía hace unos años era común entender por "tecnología" todo aquello relacionado con bienes materiales (la combinación de maquinaria, herramientas y materias primas), y las maneras o formas de utilizarlas; lo que reducía enormemente el problema tecnológico a la producción, importación o adecuación de dichos bienes, y a la contratación o capacitación de algunos cuantos técnicos que mostraran la operación y uso de las tecnologías imperantes.

La mejor prueba de lo señalado es la constatación, particularmente en nuestros países subdesarrollados, de que continúan en boga políticas tecnológicas cuyos principales objetivos establecen la sustitución de importaciones de algunos bienes intermedios y/o de capital, en el entendido de que, con ello, podrán resolverse algunos de los problemas centrales de la problemática tecnológica.²

Esta concepción es ya actualmente una verdad a medias en un mundo en el que el desarrollo tecnológico va más adelante de lo que los hacedores de la política económica alcanzan a comprender. La tecnología rebasó el mundo de las máquinas, las herramientas, las materias primas, y las distintas formas de usarlas, a la manera de la "revolu-

ción verde". Actualmente, la tecnología tiene que ver con todos los conocimientos, habilidades y procedimientos para la fabricación, el uso y la ejecución de cosas útiles.

La tecnología incluye los métodos empleados en las actividades realizadas tanto dentro como fuera del mercado. Incluye la naturaleza y especificación de lo que se produce (el diseño del producto) y la forma en que se produce. Abarca las técnicas de administración y comercialización, al igual que las técnicas directamente involucradas en la producción. La tecnología se extiende a los servicios (administración, educación, banca y legislación, entre otros), así como a la manufactura y a la agricultura. Sin agotar aún el universo, la tecnología incluye también la organización de las unidades productivas, en términos de escala y propiedad.

El concepto tecnológico es, entonces, un fenómeno que abarca desde la concepción hasta la realización del producto y que tiene que ser entendida en términos de todo un sistema que va desde la creación, generación, adquisición, asimilación, adaptación, utilización y administración, tanto de los bienes materiales, como de los conocimientos necesarios para la reorganización del trabajo.³

Esta reflexión sobre el significado de la tecnología es importante pues, en su acepción más amplia, está cada vez más expuesta al tráfico comercial, y su uso está más al día en las operaciones corrientes de los mercados nacionales y mundiales. Ya no es adecuado el concepto, por ejemplo, de una operación comercial de compra-venta de patentes, de concesión de licencias y de operaciones de asistencia técnica únicamente entre empresas privadas, sin tomar en cuenta la opinión de los gobiernos nacionales o de los organismos internacionales.

Por el contrario, es urgente plantear una teoría de la circulación internacional de tecnología y del origen del cambio tecnológico, congruente con los procesos de acumulación del capital que impulsa la internacionalización del mismo. Descuidar actualmente estos nuevos aspectos tecnológicos, limita los términos de las negociaciones tecnológicas a nivel internacional y empobrece las bases de una política tecnológica más sana a nivel nacional.⁴

No es gratuito, por ejemplo, que los países más desarrollados del mundo, principalmente Estados Unidos, estén pugnando dentro del GATT por incluir ampliaciones y modificaciones a la legislación comercial de ese organismo, para que incluya las negociaciones sobre los servicios dentro de los términos tecnológicos, en donde, por cierto, el comercio internacional de ese país

significa aproximadamente el 25 por ciento de todo el comercio norteamericano.⁵

Para apoyar, aún más, la importancia que están cobrando las nuevas variantes tecnológicas, se puede mencionar que en el año de 1981, el Departamento de Trabajo de Estados Unidos predijo que para 1990, el 71 por ciento de la fuerza laboral de ese país trabajaría en los servicios. Actualmente, según esa misma fuente, y faltando aún 2 años para 1990, el 75 por ciento de esa fuerza de trabajo se emplea en los servicios.⁶

Lo que acontece es que la transición económica que vive actualmente la humanidad, es la más profunda desde la revolución industrial. Trasciende, con mucho, el ámbito de lo que últimamente se denomina como "Reconversión Industrial". Es más, lo que está en juego, al menos para los países desarrollados, no es simplemente la "Reconversión Industrial", sino el desarrollo de una economía posindustrial, en la cual, sin descuidar los sectores agrícola e industrial, se pretende impulsar al sector de servicios-información, denominado "cuaternario", como el motor principal de sus economías.

Dentro de esta macroestrategia que promueven hoy día los países desarrollados, juegan un papel de primera importancia las denominadas "tecnologías de punta", a las que definiremos global y preliminarmente como las generadas en los últimos 10 años en los campos de la electrónica, microelectrónica, automatización, informática, telecomunicaciones, aplicaciones de láser, nuevos materiales, energías renovables y la biotecnología, en la cual centraremos nuestro interés.

Efectivamente, en los últimos años ha comenzado a producirse una nueva ola de desarrollo tecnológico con la biotecnología, que es el uso integrado de la bioquímica, de la microbiología y de la ciencia de la ingeniería genética, y que han tenido ya experiencias, como es el caso de esta última, que rayan en el límite de la imaginación y también en la frontera moral: la creación de nuevas bacterias, reproducción por colonización, modificación del código genético que podría dar origen a nuevos seres vivos.

Según muchos especialistas en la materia, la biotecnología tendrá un impacto similar en el desarrollo económico al que tuvo la microelectrónica en la década pasada y presente, con la diferencia de que mientras el impacto de la microelectrónica se concentró en la industria y en los servicios, el de la biotecnología afectará especialmente a la agricultura, y a la producción de materias primas.

El término "biotecnología" no es nada nuevo y mucho menos lo son las actividades que le ha correspondido tratar, como son el empleo de leva-

duras para la fabricación de vino y cerveza (antes del año 6 000 a.C.), o el pan fermentado producido con ayuda de levaduras (aproximadamente 4 000 años a.C.), o la cosecha de algas lacustres como fuente de alimento por parte de los aztecas antes de 1521, de nuestra era.

El significado mismo de la biotecnología ha evolucionado sorprendentemente en el tiempo y en el espacio, existiendo algunas definiciones tan generales que incluyen todas las actividades agrícolas y ganaderas. Otras definiciones muy particulares identifican a la biotecnología con la ingeniería genética, olvidando muchas otras facetas y técnicas de muy variada aplicación ya existentes en la actualidad, que permiten la aplicación de todo el acervo de conocimientos biotecnológicos.

Podríamos intentar una acotación del término "biotecnología" diciendo que comprende todas aquellas actividades que tienen en común aprovechar o dirigir las facultades primordiales de los seres vivos. Su rasgo esencial es que utiliza microorganismos o células obtenidas de animales o plantas, pero excluye aquellas actividades que significan el tratamiento de animales o plantas completas, como por ejemplo, el cultivo del trigo o la cría de ganado.⁷

En esencia, la biotecnología es el manejo de microbios y células procedentes de plantas y animales para producir más y/o nuevos materiales y sustancias que la naturaleza no produce en las cantidades requeridas por el hombre. Los protagonistas centrales de la biotecnología son, pues, los pequeñísimos microbios y células, que se encuentran, como es el caso de los primeros, prácticamente en todas partes: en el agua hervida, en el petróleo, en la madera, en el hielo, en el plástico e incluso en las rocas sólidas, y que poseen una gran capacidad de adaptación, como es el caso de las segundas. Son cantidades incalculables de estos microorganismos que consumen distintos materiales y los transforman en nuevos materiales y sustancias que son de gran interés para el consumo humano y como insumos de distintas actividades productivas.⁸

De lo anterior puede deducirse el gran interés que despierta en el sector empresarial la posibilidad de desarrollar nuevas industrias que tuvieran trabajando a millones de microbios, y produciendo las sustancias y/o materiales que requieran sus procesos productivos. Entre otras muchas cosas que estos "agentes productivos" pueden producir se encuentran: antibióticos, insecticidas, combustibles, colorantes, productos industriales y vitaminas.

Por si fuera poco, a esta enorme variedad de actividades que contempla la biotecnología, con

el advenimiento de la ingeniería genética se ha venido a ampliar inimaginablemente el campo de acción de la misma, cuyo denominador común es el cultivo y control del crecimiento de los microorganismos.

Con la ingeniería genética existe la posibilidad de producir muchos materiales valiosísimos que los microorganismos no producen de manera natural. La posibilidad no sólo de manipular su propia información, sino de introducir información externa a los microbios, abren enormemente las fronteras de sus posibilidades, a tal grado, que se afirma que ya es un hecho la "manipulación de la naturaleza", por cuanto se trata de alterar la auténtica genética de los organismos. En los laboratorios más desarrollados de los países ricos se están obteniendo ya microbios capaces de elaborar sustancias potencialmente muy valiosas.

En realidad es muy amplio el campo de posibilidades que se abre al campo de la biotecnología actual. Únicamente para dar una idea de algunos de los más recientes descubrimientos y objetivos inmediatos que ha realizado y se ha propuesto alcanzar la biotecnología, enunciaremos los siguientes: El Tribunal Supremo de Estados Unidos dictamina en 1980 que se pueden patentar los microbios obtenidos mediante ingeniería genética; en 1981 se permite en este país inyectar anticuerpos monoclonales con finalidades de diagnóstico; en 1981, la compañía biotecnológica Cetus alcanza una marca histórica en Wall Street (115 000 000 de dólares) en su primera oferta pública a los accionistas; en 1982, en Estados Unidos y el Reino Unido se autoriza que la insulina obtenida con ingeniería genética, la que se puede utilizar en el tratamiento de diabetes humana; en 1984, se autoriza el empleo de interferones de origen animal en la lucha contra las enfermedades del ganado.

Por su parte, los objetivos inmediatos que la biotecnología y la ingeniería genética se han propuesto alcanzar son:

- Autorización para emplear la hormona del crecimiento, obtenida mediante ingeniería genética para el tratamiento del enanismo.
- Usar el interferón para el tratamiento de algunas enfermedades víricas.
- Utilizar, en forma generalizada, los anticuerpos monoclonales en el diagnóstico clínico.
- Introducir la vacuna contra la hepatitis obtenida mediante ingeniería genética.
- Producir nuevos antibióticos por fusión celular.
- Producir, industrialmente, colorantes y diversos productos químicos elaborados por algas.
- Emplear proteínas obtenidas mediante ingeniería genética para tratar congestiones car-

díacas y fracturas.

- Utilizar anticuerpos monoclonales para aumentar las defensas del cuerpo frente al cáncer u otras enfermedades.
- Preparar nuevas vacunas contra la glosopeda.
- Emplear las hormonas del crecimiento para aumentar la producción de carne y leche en el ganado vacuno.
- Producir materiales fundamentales a partir de microorganismos para la industria de plásticos.
- Emplear el interferón para el tratamiento de determinados tipos de cáncer.
- Extraer petróleo del subsuelo a partir de microbios producidos por ingeniería genética.
- Extraer metales en las industrias de tratamiento de desechos, por el empleo masivo de microbios.
- Producir hidrógeno en pequeña escala a partir de bacterias.
- Crear, mediante ingeniería genética, nuevas razas de cultivos con capacidad de elaborar sus propios fertilizantes y de resistir la sequía y las enfermedades, etcétera.⁹ y ¹⁰

La biotecnología está contribuyendo, a su vez, a generar un fenómeno muy reciente e importante de "desmaterialización de la producción", desarrollando nuevos sustitutos y aprovechando mejor los recursos locales de los países desarrollados. Con estas innovaciones, la industria de estos países podrá producir cada vez más las materias primas de las que carecen actualmente, conformando una especie de "segunda naturaleza" en la que los recursos naturales, aunados a estos materiales, constituirán nuevas y más completas dotaciones de recursos productivos.¹¹

Gracias a la introducción de procesos biotecnológicos se podrán elaborar muchos productos químicos con menor energía. Una misma extensión de tierra, por ejemplo, podrá producir más alimento debido al desarrollo de nuevas variedades. Las plantas necesitarán menos fertilizantes y pesticidas; menos material para desherbar; los alimentos podrán tener una mayor conservación, etcétera.

Hasta ahora, los casos citados de nuevos sustitutos se refieren únicamente a productos agrícolas. Sin embargo, también el petróleo y las materias primas minerales están siendo afectadas por el desarrollo de la biotecnología, cuya aplicación ha mejorado la explotación de minerales de bajo grado a través de la lixiviación bacteriana, las técnicas para aumentar la recuperación del petróleo y las técnicas disponibles para el reciclaje y la creación de fuentes renovables de energía no contaminante, ahorradoras de energía.

Además de que se podrá lograr el mismo efecto con menores cantidades, la aplicación de la

biotecnología permite un creciente intercambio de diferentes materias primas. Los mismos productos terminados pueden elaborarse, en principio, con aceite, caña de azúcar, maíz, paja, madera, leche o, incluso, con basura doméstica. Esto implica que se desarrollará un gran número de nuevas posibilidades de sustitución. El azúcar, por ejemplo, ya se sustituye con jarabe de maíz; pero se puede producir también con papa.

Se podrá, a su vez, hacer un uso más extenso de las plantas: en el caso del maíz no sólo se puede aprovechar el grano, sino la mazorca; del trigo, puede emplearse la paja para preparar alimentos ricos en proteínas para animales; los desperdicios del algodón, en especial de pelusa y el tallo, pueden convertirse en glucosa que, a su vez, es susceptible de utilizarse en la medicina, en la industria química de alimentos y como concentrado para los procesos de fermentación microbiana. En la producción de alimentos se podrán usar pequeñas porciones del producto biotecnológico "aspartame", que es 200 veces más dulce que el azúcar, a fin de sustituir este producto.¹²

A partir de las generalidades anteriores sobre el desarrollo biotecnológico actual se pueden inferir algunas conclusiones de corte socioeconómico que interesa tener en cuenta, para dar una idea de la problemática que estamos enfrentando.

En primer lugar, puede concluirse que con las innovaciones biotecnológicas recientes la ciencia pone en manos de la humanidad una capacidad ilimitada de modificación sobre la naturaleza, para arrancarle los frutos indispensables de subsistencia y mejoramiento social.

Con la biotecnología no solamente se logrará aumentar la cantidad del producto y la productividad del trabajo; se podrá alcanzar también una diversidad de productos nunca antes visto, con elevados niveles de calidad y perfección, que la fuerza de trabajo humana nunca antes había logrado.

El hecho de que los diminutísimos "agentes productivos", los microbios y las células, existan en casi todas partes y en casi todos los materiales que se encuentran en nuestro planeta y sean capaces de producir a costos mucho menores una enorme variedad de nuevos materiales y sustancias que anteriormente o no se producían de manera artificial, o se producían muy limitadamente por su incosteabilidad, y que son insumos básicos de una gran diversidad de procesos productivos, tanto agrícolas como industriales, así como para producir bienes finales para el consumo humano y animal, presenta ya la posibilidad real de reestructurar radicalmente las estructuras productivas de los países que decidan profundizar por esta vía

tecnológica.

Están ya al alcance del hombre los instrumentos para desaparecer el fantasma de la escasez, real o ficticia, de insumos productivos y alimentos de todo tipo, latente siempre sobre la producción y reproducción de las economías. La enorme capacidad de sustitución de unos productos e insumos por otros, del reciclaje, del ahorro de energía, etc., con tendencias descendentes de los costos, permite ser optimista al menos en cuanto se refiere a la solución de las necesidades básicas de la población mundial, sin mencionar aún los problemas de la organización socioeconómica que se requiere para una mejor redistribución de los beneficios de esta tecnología.

Desde este punto de vista, las innovaciones biotecnológicas actuales están cambiando tanto la orientación en la diversidad de los productos o la intensidad, cuanto la estructura que afecta los fines mismos de la industria, y de la economía en general.

Es un replanteamiento a profundidad de los objetivos de la actividad industrial en el contexto de la sociedad a la que estamos arribando. Estamos arribando, en otras palabras, a la era de la "bioindustria", en la cual, la biotecnología será la fuente principal de suministro de insumos que la industria requiere para su posterior expansión.

Hasta ahora la industria ha buscado principalmente la reproducción de productos en grandes cantidades, tanto en sus insumos como en su producción, para aprovechar las economías de escala, dependiendo siempre del sector agropecuario y minero para el cumplimiento incesante de sus objetivos. Hoy tal finalidad está cambiando. La "bioindustria" se concibe ya como creadora de innovaciones, productora de sus propias materias primas sintéticas, integradora de actividades productivas, creadora de nuevos servicios, abastecedora de nuevos productos...

La característica distintiva de la "bioindustria" actual es que ya no es únicamente productora de mercancías. Es, sobre todo, inventora de nuevos productos que satisfacen mejor las necesidades de los consumidores, o que definen o satisfacen nuevas necesidades. La "bioindustria" no es sólo consumidora de materias primas; con el advenimiento de la biotecnología-ingeniería genética pueden inventarse y producirse nuevos materiales, lo que repercutirá profundamente en las economías "bioindustriales".

Todos los procesos productivos que encuentren una solución al suministro de sus respectivas materias primas podrán despreocuparse de la escasez, absoluta o relativa, de las mismas, debido a problemas de temporalidad climática o a ciclos de la propia organización económica. La planeación productiva, de inversión, financiera, etc., tendrá

un elemento más de precisión en sus proyecciones de mercado.

La escasez relativa de muchos productos indispensables, que se arguye hasta la fecha por motivos de falta o insuficiencia de materias primas, llegará a ser un problema del pasado. Paralelamente a lo anterior, la biotecnología tendrá una gran repercusión en las estructuras de costos y precios de los mercados, puesto que estas tecnologías se caracterizan, en sus efectos de mediano y largo plazo, por su reducción de costos. Los microorganismos, por ejemplo, pueden doblar su peso en tan sólo 20 minutos, pudiendo producirse grandes cantidades de biomasa, susceptible de ser utilizada como alimento, tanto animal como humano.

Estos son sólo algunos de los impactos y consecuencias positivas del progreso tecnológico de los últimos años; y, seguramente en el futuro inmediato, habrá de incrementarse en las estructuras socioeconómicas de los países innovadores; sin embargo, dicho progreso también presenta algunos problemas y efectos no deseados que es necesario no perder de vista, particularmente cuando se pretende impulsar una política tecnológica que resuelva algunos de los problemas socioeconómicos más agudos de nuestros países.

El primero y más inmediato problema es el desempleo que seguramente traerá aparejado el desarrollo biotecnológico. Es indudable que la aceptación social de estas innovaciones, ya sea en los sectores en donde las producen o en los que las utilizan, dependa precisamente de la evolución de sus consecuencias en los niveles de empleo.¹³

Entre las tecnologías y el empleo siempre aparece una aparente contradicción; o desarrollo tecnológico y eficiencia productiva, o sacrificio del desarrollo para mantener niveles adecuados de empleo. Esto es realmente una aparente contradicción, sobre todo si se toman en cuenta los factores que inciden en esas variables económicas, como son los grados de integración de las tecnologías, los precios de las mismas y de los productos que generan, la inversión y los periodos de producción y utilización tecnológica, entre otros.

En primer lugar, es indudable que la producción de productos biotecnológicos reduce los requerimientos de fuerza de trabajo, particularmente de la que tiene poca calificación, que es la mayoría, y aumenta las necesidades de fuerza de trabajo muy calificada, de "inteligencia" e información, que es la minoría, y que sustituyen en los centros de investigación a grandes proporciones de trabajadores del campo, de la minería, de las plantas industriales, etc. Desde este punto de vista muy restrictivo, pueden observarse dos consecuencias de estas innovaciones: un aumento de la productividad de la fuerza de trabajo, e incremento de desempleo.

Sin embargo, debe recordarse que una de las características de las tecnologías actuales es su grado de integración, que no sólo se reduce a la producción-transformación de bienes de capital y de consumo, sino que incluye la concepción, generación, adquisición, asimilación, adaptación, utilización y administración, tanto de los bienes materiales como de los conocimientos necesarios para la reorganización del trabajo.

Por esta nueva dimensión del universo tecnológico puede implicarse que si bien algunas actividades tradicionales del mismo, como son los trabajos más pesados y rutinarios, pueden disminuir o incluso desaparecer y generar desempleo, por otra parte es posible reabsorber dicho desempleo en las nuevas actividades integradas, y con ventajas mayores, ya que en los nuevos empleos se requiere mayor preparación y calificación de la fuerza de trabajo, mayor productividad y, por ende, mayores remuneraciones.

Además, los efectos positivos que la introducción de innovaciones tecnológicas tuvieron en los costos y en los precios de las economías innovadoras, serían los de aumentar la demanda, la producción, los beneficios y los salarios, así como incentivar los aumentos de la inversión productiva, lo cual se traduciría en aumentos del empleo. Desde luego, estos efectos no se advierten de la noche a la mañana. Se requiere de uno a dos años entre la toma de decisiones de inversión, y la utilización de la nueva tecnología que habrá de dinamizar la economía.¹⁴ y ¹⁵

Otro aspecto que preocupa profundamente a nuestros países, en gran medida agroexportadores, es que la tendencia sustituidora de materias primas naturales por sintéticas de la biotecnología tendrá impactos negativos en las exportaciones de materias primas y de productos básicos que realizan, al igual que el avance de la microelectrónica ha afectado a la rama manufacturera.

Paso a paso se supera el esquema en el cual las innovaciones tecnológicas contribuían a desviar una buena parte de la producción de los países desarrollados hacia los países subdesarrollados debido, por lo menos, a dos razones principales: a) facilidad de transportación por la mabeabilidad y miniaturización de los productos y, por ende, la reducción de costos del transporte; y b) menor capacitación para la producción y ensamblamiento en los procesos productivos.

En las últimas innovaciones tecnológicas: la microelectrónica, la automatización y la biotecnología, se está cambiando de dirección y de localización de los mercados, lo que automáticamente anula las "ventajas comparativas" de la mano de obra barata. Las recientes innovaciones tienen como requisito indispensable de su desarrollo y apli-

cación, el empleo de fuerza de trabajo muy calificada, al que se ha denominado como trabajo "inteligente", para el cual nuestros países deben aún organizarse.

De esta manera, el pasado incremento de las exportaciones de productos manufacturados en algunos países subdesarrollados, y ahora los productos agrícolas, ya no podrán ser extrapolados sin considerar la evolución de los avances biotecnológicos. Empero, cabe aclarar aquí, ésta es una realidad que ya viven los países desarrollados y, nos guste o no, están obteniendo resultados como los aquí descritos, independientemente de lo que hagamos o pensemos en los países subdesarrollados.

Si no nos integramos a estos avances biotecnológicos se irán reduciendo paulatinamente nuestras exportaciones de muchos productos, tanto de materias primas como de productos básicos y manufacturados, con lo que se reducirán también las divisas que necesitamos para seguir pagando las importaciones de tecnologías obsoletas y, por si fuera poco, con repercusiones graves en el desempleo, ya que muchas de las actividades relacionadas con las exportaciones serían afectadas.

Por el contrario, si se decide emprender la vía de las innovaciones se podrán obtener algunos de los beneficios ya comentados anteriormente, como la adopción de innovaciones biotecnológicas para obtener, por lo menos, una posición en la nueva distribución del trabajo mundial que se está configurando. Las alternativas en este caso no son muy variadas: o nos integramos al proceso de desarrollo tecnológico mundial, aunque sea parcial y selectivamente, o nos condenamos al rezago de dicho desarrollo.

¿Qué sucede en México y cómo responder en el corto plazo?

Nuestro país, después de haber logrado un relativo desarrollo tecnológico en las últimas 3 o 4 décadas, comparado con el reducido desarrollo que lograron muchos de los países subdesarrollados durante esos años, busca actualmente definir su propia realidad social en relación con los objetivos que deberá cubrir el campo científico-tecnológico, en los niveles nacional, regional y suprarregional.

Efectivamente, no obstante que nuestra economía logró modificar y modernizar en varios aspectos sus estructuras y facetas productivas a partir de las elevadas tasas de absorción tecnológica que ha realizado, estos logros se han debido fundamentalmente a las crecientes importaciones de tecnologías que incubaron otros problemas de tipo estructural, que pueden comprometer un desarrollo independiente y equilibrado de nuestra economía.

En otras palabras, el desarrollo científico-tec-

nológico logrado en algunos sectores y ramas de nuestra economía, si bien es un hecho indudable, no es nuestro, no únicamente debido a que nosotros no generamos dicho desarrollo, sino porque en muchas ocasiones no lo hemos aprehendido, no lo hemos comprendido ni sentido, lo cual implica, entre otras cuestiones, una disposición para la asimilación, para la adaptación o para la innovación. La tecnología que importamos, en muchos casos simplemente la utilizamos y ya. Este proceso es poco generador de dinamismo económico.

Con este desarrollo tecnológico hemos delegado en el exterior, entre otras cosas, nuestro derecho a decidir el cómo y con qué producir lo que consumimos, lo cual ha repercutido negativamente en varios aspectos nodales de nuestro desarrollo socioeconómico. En primer lugar, pagar muy caro, con divisas, las tecnologías importadas para organizar la producción interna, con el consiguiente desempleo de nuestra fuerza de trabajo y la subutilización de nuestros recursos productivos, que se supeditan a las técnicas producidas en el exterior, incrementando nuestro rezago tecnológico y nuestra incompetividad económica con respecto a los países avanzados aumentando, a su vez, nuestra creciente dependencia de tecnologías extranjeras en detrimento de la productividad y la eficiencia productivas.

En México hace falta divulgar, informar y generalizar el conocimiento de estos problemas tecnológicos para crear una conciencia del cambio, no solamente tecnológico, sino también de actitud ante muchas de las innovaciones que se producen actualmente en el mundo. Nosotros nos concretaremos a transmitir únicamente las relacionadas con la biotecnología, mismas que podemos enfrentar con elevadas probabilidades de éxito, si tenemos la suficiente claridad y voluntad de hacerlo.

Específicamente, algunas de las medidas que podrían tomarse en el corto plazo en este campo, serían las siguientes:

Nuestro país tiene no solamente la posibilidad real de incursionar con elevadas probabilidades de éxito en algunas ramas biotecnológicas como las aquí mencionadas, sino que cuenta también con el factor principal, denominado la "masa crítica" de dicha tecnología, que es la fuerza de trabajo "inteligente" y la información necesarias para iniciar un proceso de desarrollo e integración al avance de estas tecnologías llamadas también "de punta". Esta "masa crítica" existe principalmente en nuestras universidades y centros de investigación públicos.

Concretamente México puede iniciar su desarrollo biotecnológico en algunas ramas críticas de nuestra economía como en la agricultu-

ra, donde puede desarrollar nuevos tipos de cultivos, como el maíz, el frijol, el arroz, el haba, el trigo y otros básicos, con capacidad para que estos elaboren sus propios fertilizantes y resistan la sequía y las enfermedades, con lo cual se elevaría significativamente la producción y la productividad de dichos cultivos, lo que serviría para satisfacer las necesidades de alimentación básica de la población.^{16 y 17}

Estos cultivos no necesariamente generarían desempleo, ya que sus beneficios redundarían en solucionar la escasez de recursos productivos, como el agua, los fertilizantes y los plaguicidas, mejorando la calidad del producto y aprovechando más racionalmente nuestro recurso tierra, abundante pero árido.

Otro campo en donde la biotecnología puede resolver ingentes necesidades de nuestra economía alimentaria es el de la ganadería, donde la producción de hormonas de crecimiento incrementaría la producción de leche y carne elevando, por esta vía, el nivel nutricional de la población mexicana de menores ingresos, particularmente de los niños, y disminuyendo nuestros gastos en divisas por concepto de las importaciones que realizamos de esos productos. Estos cambios tecnológicos no representan una competencia por el uso de recursos escasos con los cultivos básicos, como por ejemplo la tierra, porque significan explotaciones más bien intensivas en el uso del recurso "trabajo inteligente".¹⁸

Una tercera línea productiva que puede apoyarse con la biotecnología es la extracción de petróleo mediante microbios, con la ventaja de que, además de reducir los costos de extracción, ésta se realizará más racionalmente, tanto por su localización como por la disminución de desperdicios que se registran actualmente. Como insumos estratégicos que son, tanto el petróleo como sus derivados, la reducción de sus costos de extracción sería un elemento importante de lucha contra la inflación, sin olvidar la captación de divisas por las ventas al exterior.

Finalmente en la producción y utilización de una gran variedad de medicamentos que aún se requieren en algunas regiones endémicas de varios tipos. Muchas de estas medicinas, o se importan en su totalidad, o se importa el insumo estratégico para su producción interna, con la consiguiente sangría de divisas.

En fin, la lista de posibilidades es amplia y de gran viabilidad, particularmente económica y social, para desarrollarlas internamente, pues ya existen en algunos casos en el mercado mundial. México puede y debe integrarse a estos desarrollos tecnológicos, so pena de quedarse en la prehistoria del progreso tecnológico mundial. Lo

importante es tener claridad sobre lo que significa este progreso, adecuarlo a los objetivos más caros de nuestra sociedad y tener la decisión de inducirlo.

Notas de pie de página

¹ *La Reversión Industrial en América Latina*, México, F.C.E., 1987.

² Fajnzylber, Fernando, *La industrialización trunca de América Latina*, México, F.C.E.

³ Roza, Carlos A. y Barkin, David, "La tecnología y la acumulación", en *Revista Investigación Económica*, núm. 173, México, julio-septiembre de 1985.

⁴ *Ibidem*.

⁵ *Ibidem*.

⁶ Periódico *Excelsior*, México, 1987.

⁷ Prentis, Steve, *Biotecnología*, Barcelona, Biblioteca Científica Salvat, 1987.

⁸ *Ibidem*.

⁹ *Ibidem*.

¹⁰ Fernández Villafane, Otilio, "Las nuevas tecnologías y los programas de reversión biotecnológica; un caso práctico". *La Reversión Industrial en América Latina*, México, F.C.E.-1987.

¹¹ Junne, Gerd, "Nuevas tecnologías: una amenaza para las exportaciones de los países en desarrollo", en *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, núm. 121, México, UNAM, 1985.

¹² *Ibidem*.

¹³ Tridente, Alberto, "Robots, automatización y trabajadores europeos", en *Revista Mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, núm. 121, México, UNAM, 1985.

¹⁴ Labini, Paolo, *Oligopolio y progreso técnico*, Facultad de Economía, Departamento de Difusión.

¹⁵ Kalecky, Michael, *Teoría de la dinámica económica*, México, F.C.E.

¹⁶ Viniestra González, Gustavo, "La biotecnología en la industria alimentaria", en *Prospectiva de la Biotecnología en México*, Fundación Javier Barros Sierra, y CONACYT.

¹⁷ Quintero Ramírez, Rodolfo, *Prospectiva de la Biotecnología en México*, Fundación Javier Barros Sierra y CONACYT.

¹⁸ Viniestra González, Gustavo, *op. cit.*