



VOL: AÑO 5, NUMERO 13

FECHA: MAYO-AGOSTO 1990

TEMA: CRISIS AGRICOLA Y POLITICAS DE MODERNIZACION

TITULO: **Los posibles impactos de la biotecnología en la agricultura mexicana**

AUTOR: *Francis Mestries* [\*]

SECCION: Artículos

## RESUMEN:

Este artículo pretende entender la emergencia de las innovaciones tecnológicas en la economía mundial a la luz de las readecuaciones de las relaciones capital/trabajo, agricultura/industria, y de la división internacional del trabajo entre países avanzados y países exportadores de materias primas. Presenta un panorama de las innovaciones más importantes en los campos de la agricultura, de la ganadería y de la industria alimentaria, y de sus probables efectos en el sector alimentario mexicano, a partir de una comparación con la Revolución Verde y de la identificación de los problemas más acuciantes de la producción agrícola del país.

## ABSTRACT:

The possible impact of biotechnology in mexican agriculture.

The article pretends to understand technological innovations all around the world, taking into account the changes that the relations capital/labor, agriculture/industry, and international division of labor, experimented in exportating countries of raw materials. The are also explained the most important changes and innovations in agriculture, cattle raising and food industry.

## TEXTO

### I. Crisis y transición a un nuevo modelo tecnológico industrial

La crisis mundial, que se inició en 1967, y se manifestó por síntomas como la caída de la productividad industrial, y la tendencia a la baja de la tasa de ganancia, la creciente competencia entre las potencias capitalistas, la inestabilidad financiera internacional causada por la crisis del dólar, los "shocks" petroleros, las fuertes fluctuaciones de los precios mundiales de las materias primas, el cuestionamiento del modelo industrial fordista por los trabajadores, etc., evidenció la emergencia de una crisis profunda del modelo de acumulación.

El capital y los gobiernos de los estados industrializados han buscado una salida a esta crisis tratando de recomponer las estructuras productivas nacionales y los procesos de producción y organización del trabajo en la industria, de modificar los patrones tecnológicos y energéticos vigentes, de trastocar las relaciones capital/trabajo mediante la "modernización" industrial, la "flexibilización" laboral, y la ampliación del ejército de reserva vía la expulsión de grandes contingentes de trabajadores del aparato productivo,

y buscando reequilibrar y coordinar los mecanismos de decisión política y económica entre las grandes potencias, logrando con ello superar la fase más álgida de la crisis.

Esta reestructuración productiva-industrial en curso va abriendo camino, a la vez que se ve potenciada, por la aplicación, en la producción, la gestión, las comunicaciones, etc., de un nuevo paradigma científico-tecnológico, basado en descubrimientos anteriores (algunos datan de los años 50's, como la robótica y el descubrimiento del ADN) cuyas aplicaciones sin embargo no se habían desarrollado antes, porque no eran rentables para el capital dado el ritmo de incremento de la productividad y la correlación de fuerzas existente entre capital y trabajo, y porque, cuando estalló la crisis, no disponía de los excedentes cuantiosos indispensables para su introducción masiva en la actividad económica. Por lo tanto, la nueva revolución científico-tecnológica en curso (la tercera) no es la causa de la reestructuración productiva actual, sino que al contrario, ésta es la condición de aquella, aunque después de la etapa inicial ambos procesos se retroalimentan. El desarrollo de las fuerzas productivas fue más bien la consecuencia de cambios en la demanda y de trabas en la producción, desde el abastecimiento y costo de las materias primas y auxiliares, hasta la declinación de la eficiencia de los procesos productivos y de trabajo, y de la calidad de los productos.

Así, "la actual fase de desaceleración del crecimiento mundial aparece más como un desenlace de conflictos económicos larvados y como una transición hacia nuevos patrones comerciales, productivos, tecnológicos y organizacionales, que como una mera interrupción del auge de posguerra" (CEPAL 1989:9)

La recomposición actual se caracteriza por el papel cada vez más central de la innovación tecnológica y de los adelantos científicos en el proceso productivo, como motor de la producción y la productividad, y como factor determinante de la competitividad internacional. Esta revolución científico-tecnológica tiene su núcleo en la informática y la micro-electrónica, con sus aplicaciones en la computación, la óptica, la automatización industrial y la robotización, las telecomunicaciones, pero abarca también la revolución de los nuevos metales y los superconductores, que permiten ahorrar energía y materias primas, "desmaterializando" la producción, así como la nueva biotecnología, que incluye la ingeniería genética, la biología molecular, el cultivo de tejidos y células, y la tecnología enzimática o de fermentaciones, y que revolucionará la industria químico-farmacéutica, energética, alimenticia, la producción primaria (agricultura y extracción mineral) y la protección del medio ambiente. La informática y la nueva biotecnología se consideran, ambas, tecnologías de la información (información codificada artificialmente e información genética manipulada) y se interpenetran crecientemente generando fuertes "sinergias" entre sí. Por ende, se pueden mencionar también las tecnologías de la energía solar y de aprovechamiento de fuentes energéticas alternativas.

Estas tecnologías "están cambiando los sistemas productivos y provocando una transición de la producción en masa, con uso intensivo de energía y materiales, hacia formas de producción más flexibles y diferenciadas, con mayor intensidad de información y comunicación" (Cepal:15). La demanda en efecto, se ha vuelto más diversificada y cambiante, más exigente sobre la calidad, y para satisfacerla se imponen la automatización flexible para producir en pequeños lotes, desterrando las producciones masivas a gran escala, y los nuevos materiales, que ofrecen mayor calidad y reducen costos de capital fijo y circulante. Provocan importantes saltos de productividad.

En síntesis, se podría decir que lo que "tienen en común las tecnologías de la información, son su bajo costo energético, su carácter duplicable de manera casi gratuita de los bienes y servicios que proporcionan, su impacto directo sobre el aparato productivo que arrastran irresistiblemente hacia la automatización y (...) su tendencia fuertemente

descentralizadora e individualizante" (B. Cassen, 1989). Permiten además ahorrar insumos y materias primas, creando sustitutos sintéticos, y automatizar los procesos de trabajo.

En efecto, la crisis hizo evidente para el capital de punta la necesidad de "autonomizar" lo más posible la producción industrial, de sus abastecimientos de materias primas y de energía, sobre todo después de los shocks petroleros, y de prescindir también de una fuerza de trabajo fabril numerosa, del "obrero-masa", para abaratar en forma permanente sus costos en capital constante y capital variable: así, "la economía de productos primarios se ha desvinculado de la economía industrial, por un lado, y en la propia economía industrial, la producción se ha desvinculado del empleo, por otro lado" (P. Drucker, 1987:3). La primera tendencia se ha traducido en el hecho de que la cantidad de materia prima requerida para la producción de una unidad económica dada ha declinado a lo largo del siglo, lo que ha provocado una contracción de la demanda mundial de materias primas no agrícolas (forestales, minerales o metales), debido al uso de nuevos materiales (plásticos, fibra de vidrio, etc) y al reciclaje de los desechos industriales, y también una reducción de la demanda de energéticos, gracias a ahorros voluntarios de energía y a procesos técnicos nuevos. Esto ha ocasionado una sobre-oferta permanente de productos alimenticios y materias primas, presionando los precios mundiales a la baja y haciendo improbable una mejoría de sus términos de intercambio en el futuro; del mismo modo ha propiciado el derrocamiento de la renta petrolera internacional (R. Delgado W., 1989), contrarrestada por los desarrollos tecnológicos en nuevas fuentes energéticas, cuyos efectos precipitaron a México en la crisis más aguda desde los años 30's. Más generalmente, la nueva revolución científica-tecnológica, en especial la Biotecnología, tiende a eliminar cualquier forma de renta internacional (agrícola, minera) al reducir el peso del factor "recursos naturales" (en cantidad y calidad), en particular la tierra, en la producción de alimentos y otros bienes de consumo, y de bienes de producción. La ola biotecnológica fue impulsada por el gran capital a partir de las alzas del precio del petróleo (L. Kato, 1988), con el fin de sustituir productos de origen petroquímico y químico por productos biológicos, en la industria y la agricultura. Del mismo modo, el alza de los precios de las materias primas agrícolas en los 70's, que representó el máximo nivel alcanzado por la renta agraria en condiciones de industrialización de la agricultura (uso intensivo de maquinaria, agroquímicos y energía), acicató las inversiones de las empresas transnacionales agro-alimenticias y químico-farmacéuticas en innovaciones biotecnológicas y en su aplicación productiva, dando lugar 10 años después a una nueva gama de insumos agrícolas, alimentos biológicos y medicamentos de síntesis, socavando las bases mismas de las rentas agrícolas internacionales.

Las consecuencias sobre la balanza comercial de los países del sur exportadores de materias primas son ya muy graves: "La intensificación de los procesos de cambio técnico ha acentuado las tendencias históricas al debilitamiento de las ventajas comparativas basadas en recursos naturales. Los precios de las materias primas son actualmente comparables con los prevalecientes durante la crisis de los años 30' (...) En la medida en que los países avanzados orienten el desarrollo biotecnológico al ahorro en el uso de su propia tierra y a la sustitución de importaciones de productos agropecuarios, el impacto del cambio técnico irá en detrimento de las tradicionales ventajas comparativas de los países con potencial agrícola". (Cepal:25-27).

En conclusión, se puede decir que "ya no cuentan tanto las dotaciones de recursos naturales y ventajas comparativas físicas en el comercio internacional, sino la tecnología, la innovación y la inversión de capital, en la medida en que la economía industrial está cada vez más desconectada de la economía de producción primaria" (F. Chesnais, 1990). Las rentas tecnológicas están derribando las rentas agrícolas y mineras.

La segunda tendencia de fondo se refleja en el hecho de que la creciente producción manufacturera en los países desarrollados ha significado un empleo decreciente de obreros, y una menor proporción de los costos de la mano de obra en los costos totales de producción, debido a una nueva y drástica aceleración en el reemplazo de los trabajadores por máquinas, es decir por productos derivados del conocimiento.

En consecuencia, los trabajadores del conocimiento (ingenieros, técnicos, etc.) del sector "cuaternario" tenderán a sustituir a los obreros tradicionales y a convertirse en el sector social clave de la industria, pero la creación de estos nuevos puestos de trabajo no suplirá ni de lejos las supresiones de empleos obreros, generando un desempleo estructural creciente, lo que constituye una de las contradicciones sociales mayores de esta revolución científico-tecnológica. En efecto, el sector servicios sufre también una oleada de automatización que elimina muchos empleos, frenando su capacidad de absorción de mano de obra expulsada de otros sectores.

Las repercusiones de esta tendencia para los países en vía de desarrollo son también dramáticas, pues "los bajos costos de la mano de obra constituirán cada vez menos una ventaja en el comercio internacional" (...) ya que "los costos globales de los procesos automatizados son inferiores incluso a los de las plantas tradicionales con bajos costos de mano de obra". (P. Drucker:10)

En otras palabras, las estrategias de "desarrollo hacia afuera" de varios países del sur y en particular de América Latina, que habían transitado de un modelo agro-exportador al modelo secundario-exportador basado en la exportación manufacturera, pueden ser puestas en jaque por las tendencias de la nueva economía mundial. Se trata de una crisis profunda y duradera de su sector externo, según P. Vuskovic, pues "los enormes avances científico-técnicos especialmente en la microelectrónica y sus aplicaciones en la automatización creciente de los procesos productivos, y en la biotecnología y su proyección en la ingeniería genética, reducen cada vez más el significado de las "ventajas comparativas" de América Latina basadas en la disponibilidad de una mano de obra abundante y barata, y en su relativa riqueza de recursos naturales" (P. Vuskovic, 1990).

II. La biotecnología: principales innovaciones y sus aplicaciones en el sector alimentario mundial.

La biotecnología es la aplicación de los principios científicos y de ingeniería al tratamiento de los materiales con agentes biológicos (células, tejidos, extractos, enzimas, etc.) para producir bienes y servicios en las áreas de los alimentos, medicamentos, energía, protección del medio ambiente y computación (Arroyo, Chambille, 1989:30). En la agricultura, es un "conjunto de técnicas para utilizar organismos vivos para producir o modificar los productos, para mejorar las plantas o los animales, o para desarrollar microorganismos de uso específico" (Arroyo, Chambille:31)

La magnitud de este salto científico-tecnológico y de sus repercusiones económicas se evidencia en la ingeniería genética, área de punta de la biotecnología, ya que "permitió la ruptura de las barreras genéticas entre los seres vivos y la posibilidad de programar genéticamente a toda forma de vida con fines económicos" (L. Kato:118). No existe prácticamente compuesto orgánico que no se pueda producir por medios biológicos.

La nueva biotecnología, que surge en los años 70', se diferencia de la biotecnología tradicional, basada en fermentaciones (bebidas y alimentos fermentados) por la capacidad del hombre de modificar, diseñar y programar, mediante la introducción de genes en sus cromosomas, los microorganismos (bacterias, levaduras) que intervienen en las

fermentaciones, para hacerlos producir determinados bienes (alimentos, medicamentos, etc.) gracias a la degradación y agregación de los genes mediante el uso de enzimas.

Las ventajas económicas de esta tecnología son considerables, pues permite disminuir en los procesos productivos industriales la cantidad de energía y de materias primas necesarias, reducir el uso de mano de obra, y diversificar enormemente las materias primas usadas y los bienes finales producidos. En síntesis, "la biotecnología relativiza la importancia de la mano de obra, la tierra y el capital" en la producción de alimentos (D. Rodríguez, 1988).

Las principales tecnologías de la biotecnología son la ingeniería genética o técnica del ADN recombinante (ADNR), la técnica de cultivos in vitro de tejidos y de fusión de células, la ingeniería de fermentación y la ingeniería enzimática.

"La ingeniería genética permite fusionar fragmentos de ADN de variedades o especies diferentes para formar nuevas moléculas o plásmidos recombinantes" (Arroyo, Chambille: 32). Se ha aplicado en la producción de nuevos medicamentos de síntesis, como la insulina y el interferón. En el sector agrícola, sus aplicaciones están más avanzadas en la producción pecuaria, donde se ha logrado, por medio de la tecnología de la transferencia de embriones, no sólo reducir el tiempo de selección y crianza de los bovinos sino también introducir en los óvulos fecundados genes, hormonas de crecimiento, prolactinas, [1] enzimas e interferones, para acelerar el crecimiento, incrementar los rendimientos de leche, modificar la composición de la leche para que tenga menos lactosa o que produzca sustancias medicinales, aumentar la resistencia a las enfermedades. La manipulación genética de plantas es más difícil, pero se ha logrado implantar en sus genes toxinas para que éstas produzcan su propio insecticida, así como ciertos inoculantes fijadores del nitrógeno del aire, con lo que pueden prescindir de fertilizantes. Se han creado también plantas resistentes a la sequía, la salinidad, las heladas.

El cultivo in vitro remite al conjunto de técnicas para cultivar, en condiciones controladas de laboratorio (nutrimentos, temperaturas, etc.) cualquier tipo de célula, tejido u órgano vegetal, para generar nuevos individuos a partir de células, lo que permite reproducir plantas idénticas (clones) previamente seleccionadas en función de su resistencia a sequía y plagas, rendimientos, etc., en forma mucho más rápida que en las prácticas convencionales de reproducción por semillas. Esta técnica de micropropagación se puede aplicar a 3,000 especies de plantas, pero ha tenido mayor éxito comercial en hortalizas, frutales, flores y forestales, que se reproducen difícil y lentamente vía semillas (Arroyo y Chambille, 1989).

Comprende el cultivo de tejidos, de meristemas, de embriones pero también la fusión de protoplasmas que da lugar a híbridos somáticos (por ej. jitomate con papa, maíz con girasol, etc.), la selección y desarrollo de gametos (células sexuales) y la producción de semillas artificiales por embriogénesis (R. Madrigal, entrevista). Se puede así incrementar varias veces los rendimientos y reducir a menos de la mitad el tiempo reproductivo de las plantas.

La ingeniería genética y el cultivo de tejidos permiten augurar la era de los "vegetales máquina" (D. Rodríguez, 1988), liberando la agricultura de la tiranía de los constreñimientos físicos, climatológicos, edafológicos, etc. Dado el carácter estratégico de estas nuevas semillas, que son el vehículo principal por el cual se transfiere la biotecnología agrícola, las grandes empresas transnacionales químicas y farmacéuticas, que producen agroquímicos, han comprado masivamente empresas semilleras e invertido en la investigación biotecnológica para no perder mercados y poder vender paquetes integrados a los agricultores (semilla resistente a cierto herbicida producido por la firma,

por ej.): "Las empresas transnacionales químicas destinaron en los últimos 10 años cerca de 10,000 millones de dólares en la adquisición de empresas semilleras, en parte previendo el día en que las semillas resistentes a las plagas hagan de sus plaguicidas algo inútil. La Monsanto plantó en 1987 en Illinois los primeros tomates modificados por ingeniería genética para que produzcan por sí mismos una bacteria de origen natural que actúa como insecticida" (C.M. Correa, 1989). CIBA-GEYGY, SANDOZ, PFIZER, BAYER, SHELL, DU PONT, HOFFMAN LA ROCHE, etc., los gigantes mundiales de la química y la farmacéutica son ahora también los primeros productores mundiales de semillas. [2]

La ingeniería de fermentación y la ingeniería enzimática están revolucionando los procesos productivos en las industrias alimenticia y química, gracias al uso de nuevas cepas de bacterias, de enzimas que se han logrado fijar, y de bioreactores en continuo. Les permiten aumentar su productividad, abaratar los costos de producción, reduciendo el uso de mano de obra, de energía y de materias primas agropecuarias, y producir alimentos, medicamentos, moléculas químicas, como los aminoácidos, "substancias saborizantes, colorantes naturales y otros aditivos que den aspecto natural a los alimentos artificiales" (G. Viniegra, entrevista), a partir de sustratos como la melaza, el almidón y la celulosa. "Ofrecen métodos alternativos que permiten producir prácticamente cualquier sustancia química orgánica con materias primas renovables (a diferencia de la química clásica), con consumo energético bajo, procesos continuos de producción y niveles de contaminación reducidos" (Mel Horwitch, 1982). Responde al deseo de la agroindustria pesada de mejorar su tasa de ganancia recuperando sus desechos, sustituyendo materias primas caras por otras baratas, eliminando mano de obra y reduciendo sus efectos contaminantes.

La mutación tecnológica en curso en la industria alimenticia mundial, apunta a convertirla en "refinerías agro-industriales", que aprovechen las materias primas agrícolas por medio de operaciones de "cracking", de descomposición en moléculas simples y de recombinaciones múltiples (M. De Saint Aubin, 1986), para producir nuevos alimentos y productos intermedios para otras industrias de alto valor agregado, como las industrias farmacéutica y química.

En conclusión, la agricultura de la era biotecnológica se transformará en una actividad muy tecnificada que requerirá de conocimientos especializados y métodos productivos más complejos y elaborados, lo que constituye una fuerte barrera para los pequeños productores de las agriculturas subdesarrolladas.

### III. La biotecnología, nueva fase de la dominación de la industria sobre la agricultura

La revolución biotecnológica puede ser el vector de una nueva fase de industrialización de la agricultura, lo que conllevará un mayor control y dominio de la industria sobre ésta, a la vez que puede significar también para la industria un medio de autonomización de sus suministros agrícolas, como ya lo señalamos. Históricamente, la industria ha buscado asegurar sus aprovisionamientos de materias primas en forma estable y creciente de dos maneras: induciendo el cambio tecnológico en la agricultura e integrándola verticalmente, para incrementar sus suministros, obtenerlos a más bajo costo vía el incremento de la productividad agrícola, y "amarrar" a los productores agrícolas, mediante contratos de producción u otros mecanismos de compra-venta anticipada y de supervisión técnica, o bien desarrollando sustitutos químicos o de otro tipo para suplir la insuficiente e inestable producción agrícola. La primera revolución agrícola del siglo XVIII sentó las bases para el despegue de la revolución industrial, la segunda fue la invención de la química a fines del siglo XIX que permitió la obtención de insumos más baratos y más sencillos de producir, y que también revolucionó la agricultura gracias a los agroquímicos, la tercera fue la mecanización agrícola y la integración agro-industrial bajo la batuta del capital agro-

alimentario y de las industrias de maquinaria agrícola e insumos agroquímicos. La cuarta revolución agrícola, la biotecnología, profundiza aún más la subordinación y el desplazamiento de la agricultura por la industria, al grado de que no sólo podría ver disminuida aún más su participación en el valor agregado de los productos alimenticios y perder el control de sus procesos productivos, en beneficio de las industrias semilleras, sino que podría ser sustituida en gran parte por la producción bioindustrial. En efecto, el capital agroalimentario transnacional, en aras de reducir sus costos de producción, busca afanosamente nuevos insumos orgánicos e incluso inorgánicos, de manera a sustituir ciertas materias primas agrícolas de precios relativamente "altos", debido a la presencia de una renta internacional, como los productos tropicales, por productos obtenidos "en fábrica" cuyas características físicas son similares o incluso mejores que las de los productos sustituidos, pues parecen menos tóxicos y más "ligeros", cualidades cada vez más demandadas por los consumidores de los países industrializados.

La ingeniería enzimática se ha implantado en la industria de los edulcorantes, para producir endulzantes alternativos al azúcar a base de isoglucosa obtenida por la hidrólisis enzimática del almidón de maíz. Se obtiene fructuosa de maíz (HFCS), que sale 30% más barata que el azúcar de caña, tiene rendimientos mucho mayores (una ton. de maíz da una ton. de fructuosa, mientras se necesitan 10 ton. de caña, y 6 a 7 ton. de remolacha, para dar una ton. de azúcar), y se produce ya masivamente en Estados Unidos, para el mercado de la industria refresquera transnacional, que sustituye casi por completo el uso del azúcar como insumo cuando era antes la principal consumidora de éste. Los edulcorantes extraídos del maíz han logrado acaparar más del 42% del mercado en ese país. Otro competidor del azúcar es el aspartamo, 200 veces más dulce que el azúcar, que se produce en fábrica sin la ayuda de una sola hectárea de tierra, y la taumatina, 250 veces mas dulce. Las grandes transnacionales del azúcar (Tate and Lyle, Ferruzzi) están invirtiendo en este sector, en previsión de la sustitución del azúcar en el mercado mundial.

Pero la producción azucarera, reorientada hacia la producción de biomasa (melaza, bagazo) puede tal vez encontrar usos alternativos como sustrato para producir furfural y proteína unicelular [3] para alimentación del ganado, y quizá en el futuro humana, aunque este procedimiento aún no es rentable y existen otras fuentes de biomasa más baratas para este fin (paja, celulosa y residuos agrícolas y agroindustriales). La amenaza que se cierne sobre las exportaciones azucareras de los países del sur es, sin embargo real, pues la industria de los países desarrollados está sustituyendo materias primas tradicionales por nuevas más baratas y Estados Unidos podría pasar de importador a exportador subsidiario de azúcar blanca. Esto se puede comprobar también con la sustitución de plantas productoras de fragancias y esencias para la industria de aditivos alimenticios, por metabolitos secundarios producidos en fábrica (caso de la vainilla). Esta industria muy dinámica, que abastece a toda la industria alimenticia, puede ahora optar por productos sintéticos o productos naturales según sus precios respectivos y su poder organoléptico.

Ciertos autores opinan incluso que "la mutación tecnológica podría permitir a las firmas alimentarias asumir por sí mismas la producción de materias primas alimenticias que necesitan (...), la biotecnología pues, constituye la más importante fase de la revancha de la industria sobre las leyes de la oferta limitada de tierras productivas y de los rendimientos decrecientes que caracterizaban la economía agraria (...) La agricultura no se va a industrializar, como lo pensaban los economistas clásicos, sino que está destinada a desaparecer, como consecuencia de la extensión del campo industrial". (K Vergopoulos, 1985:320)

Sin compartir un punto de vista tan extremo, pensamos sin embargo que la agricultura puede perder sus últimos privilegios, tales como la renta diferencial, y si no quiere ver

desplazada su función social, tendrá que reconvertir sus producciones, y revolucionar sus métodos y técnicas productivas, para proporcionar productos homogéneos de alta calidad y diferenciados: "Nunca se ha pensado que la biotecnología agrícola llegue a desplazar a la agricultura, sino que a través de ésta -que los científicos han catalogado como "agricultura de precisión"- se puede lograr más exactitud en la selección y multiplicación de las plantas a través de la ingeniería genética" (R. Quintero, 1989). Tendrá que adaptarse a la nueva demanda produciendo productos de alta calidad, sanos y químicamente homogéneos: "Para adecuar el suministro de materias primas a los requerimientos de una industria cuya capacidad productiva está en evolución, se precisa de volúmenes estables, entregados en fechas fijas acordes con los ritmos de producción y con una composición molecular invariable. En la medida en que las materias primas permitan procesos de transformación de creciente refinamiento, de los que se deriven más productos para las industrias alimentaria y química, su composición molecular exigirá más atención. El directivo de una empresa química señalaba la necesidad de que los agricultores tomen conciencia de que en el futuro serán considerados como 'molecultores'" (R. Green, 1990).

La industria seguirá requiriendo productos del campo, aunque probablemente menos que antes, y diferentes de los que compraba antes, pero su destino no será únicamente un uso alimenticio, sino también químico, energético, farmacéutico, lo que implicará nuevas exigencias a los agricultores. Por ende, la agricultura puede todavía apostar sobre productos frescos y de calidad, ya que existen nuevas técnicas de conservación, como la liofilización y el sobre-congelamiento de productos agrícolas no procesados, que preservan perfectamente las cualidades del producto original a costo bajo y que tienen mucha demanda en los países desarrollados, lo que le permitiría enfrentar el desafío de los alimentos reconstruidos por la bioindustria. (B. Sorj y Wilkinson, 1985:337).

Empero, la biotecnología agrícola e agroindustrial sí amenaza trastocar las leyes que rigen las relaciones agricultura/industria, la distribución del valor entre estos dos sectores, y la de los factores de producción dentro de la agricultura. En efecto, al ser "capaz de obtener alimentos a partir de insumos no alimentarios y, al revés, de utilizar materias primas alimenticias tradicionales para extraerles productos químicos, vuelve a las materias primas más intercambiables y a los productos agrícolas simples elementos de la biomasa, simples conglomerados de alimentos nutritivos básicos con cierto contenido de proteínas, almidones y grasas" (Sorj:336), susceptibles de ser descompuestos y recombinados. Rompe así las cadenas alimentarias y los sistemas agroindustriales por producto (G. Arroyo, 1986:87), desestabilizando los mercados tradicionales de la agricultura y acentuando la crisis de las viejas agroindustrias de primera transformación. Pero esto no conlleva la "liberación" de la agricultura del dominio agroindustrial, al contrario se observa hoy a nivel mundial procesos de fusión y conglomeración industrial considerables, dentro de la rama alimentaria pero sobre todo por la absorción de empresas agroindustriales por grandes consorcios químicos, petroquímicos y farmacéuticos, incrementando la concentración del poder económico al que debe hacer frente a la agricultura. La ruptura de las cadenas alimenticias no sólo conlleva la sustitución de unos insumos agrícolas por otros, sino que la intercambiabilidad de las materias primas usadas para fines industriales merma la capacidad de los productores agrícolas y países exportadores del Sur de determinar las condiciones de venta de sus productos (H. Hobbelink, 1988). Podrían ser constreñidos a producir biomasa (caña, melaza, bosques, etc.) para la fabricación de productos biotecnológicos intermedios (enzimas, levadura, almidón, etc.) requeridos por las empresas de los países del norte (G. Viniegra, entrevista).

Por otra parte, la biotecnología aplicada a la agricultura concluirá el proceso de liquidación de la renta, al entronizar la predominancia del conocimiento científico-tecnológico sobre

las características físicas (suelo, clima, etc.) y el control de la tierra, en el proceso productivo agrícola. Si en un principio, hasta el siglo XIX, el núcleo de poder económico de los sistemas agroalimentarios fue la tierra-materia, la posesión del territorio, si posteriormente fue el capital, la tierra-capital de Marx, a la que se incorporaron mejoramientos agronómicos por medio de inversiones y de tecnología, hoy en día será el "Know how", cada vez más independiente de la tierra-materia. En efecto la micropropagación clonal, por ejemplo, permite obtener tan altos rendimientos que la extensión de tierra es un factor secundario, y que el capital, la maquinaria, ya no es tan imprescindible. Los conocimientos agronómicos y microbiológicos son factores cada vez más determinantes para producir. Así, la industria podría eliminar las fuentes de la renta absoluta y de la renta diferencial: "A largo plazo, la ingeniería genética tiende a eliminar cualquier forma de renta o monopolio, ya que se podrá adaptar las plantas a cualquier tipo de suelo y condiciones climáticas o geográficas. De esta manera, el capital industrial cumple uno de sus grandes sueños; que la agricultura no se vea limitada por factores naturales, los cuales influyen necesariamente en la distribución de la plusvalía social" (L. Kato, 1988; ver también M. Chauvet y E. Cervantes, 1989).

La complejidad y la monopolización crecientes de estas técnicas, cristalizadas por lo general en las nuevas semillas, propician que el productor agrícola pierda el dominio técnico de su proceso de trabajo, y el control sobre su proceso productivo, así como "su capacidad de autoabastecimiento en semillas porque tiene que comprar semillas nuevas a cada ciclo" (Chauvet y Cervantes). En efecto, éstas pierden su eficiencia si son reutilizadas en varios ciclos productivos, pues son semillas híbridas.

La biotecnología, tal como se desarrolla hoy, va a subordinar más a los productores, puesto que va acompañada de la centralización de la dominación de las empresas semilleras y de insumos químicos, que a menudo son una sola, y de la firmas agroalimenticias (G. Viniestra). Así, el capital industrial está logrando subsumir más completamente la agricultura a sus intereses y a su circuito de valorización, y podría tal vez en el futuro evitarse el pago de la renta si logra transformarla en un taller de producción con altos y constantes grados de eficiencia y calidad.

El control sobre la vida podría volverse la principal fuente de dominio tecnológico y económico. "Antaño, el poder era la tierra, el control de todo lo que crecía y se extraía de ella. Luego fue la manufactura, las industrias tradicionales. Hoy, el poder es la vida" (...) "y la vida se vuelve coto reservado de las transnacionales y de los inversionistas de capital riesgo" (Development Dialogue, 1988).

#### IV. La biotecnología en la agricultura mexicana

A pesar del retraso de aproximadamente 25 años que tiene México en materia biotecnológica, es de los pocos países latinoamericanos, junto con Brasil, Argentina y Cuba, en tener una infraestructura de investigación y desarrollo en este campo (33 centros de investigación y organismos públicos y algunas empresas privadas, nacionales y extranjeras, productoras y comercializadoras, aún poco numerosas). Por otro lado, ya se ha iniciado la importación de este tipo de productos, creándose nuevos vínculos de dependencia con el exterior y ahondando el déficit de la balanza agrícola del país. Así, si bien la participación de los bioproductos en el PIB es pequeña (0.8% del PIB), el saldo de su comercio exterior es negativo y las importaciones, fundamentalmente de semillas mejoradas, tienden a incrementarse (A. I. Solórzano Mier, 1989).

No obstante la valiosa aportación que puede hacer la biotecnología para superar las limitaciones agroecológicas naturales del país, como la aridez, mediante variedades de granos y plantas más adaptadas, alimentos del ganado a base de subproductos agrícolas

enriquecidos, o para tratar de revertir el grave deterioro ecológico del territorio, gracias a la micropropagación de árboles para reforestar, o aún para conservar y mejorar su valioso germoplasma de especies vegetales autóctonas, mediante bancos de germoplasma y reproducción clonal, la falta de visión y de una política clara de definición de prioridades, fomento, coordinación y difusión de las investigaciones, por parte del Estado, ha contribuido a que la ley del valor, de la máxima ganancia y las políticas de las grandes empresas extranjeras especializadas hayan guiado la introducción comercial de la biotecnología en la agricultura mexicana. No debe extrañar por lo tanto que los sectores donde se ha difundido más ampliamente la biotecnología sean las de los cultivos agroindustriales y de exportación (flores, hortalizas, frutas, café, cacao, agave tequilero), que ya utilizan en forma creciente el cultivo de tejidos, y de la industria alimenticia y la química, que hacen amplio uso de las técnicas de biofermentación. La creciente apertura del sector agrícola hacia el exterior y el apoyo que han recibido las agro-exportaciones desde el sexenio anterior, así como la crisis de la mayor parte de las producciones orientadas hacia el mercado interno, han concurrido para que la nueva tecnología se canalice preferentemente a apoyar la recuperación, consolidación y ampliación de las ramas agroexportadoras, contribuyendo al proceso de sustitución de exportaciones tradicionales por nuevas. El costo relativamente alto de introducción de la nueva tecnología, puede ser además amortizado más rápidamente por la alta tasa de retorno y la obtención de divisas que resultan de este tipo de producción. (Y. Massieu, 1990)

## 1. Biotecnología aplicada a la agricultura

De las 18 instituciones que investigan en biotecnología vegetal, 50% se dedican a la micropropagación, 20% al fitomejoramiento y sólo 10% a las ciencias básicas (Solorzano Mier:15). Una buena parte de las investigaciones en micropropagación vía cultivo de tejidos se aplican a productos de exportación, como las flores y las plantas ornamentales, y la mayoría de las empresas comerciales dedicadas a esta técnica producen semillas mejoradas de flores (son grandes empresas especializadas, o pequeños laboratorios ligados a compañías exportadoras). Los otros productos de exportación interesados son los frutas (fresa, piña), los frutales (cítricos, papaya, aguacate, guayaba y durazno), las hortalizas y el café: "Estos productos son aptos para absorber los avances recientes de la biotecnología, como la ingeniería genética, la propagación de tejidos vegetales y la producción intensiva en invernaderos, lo que muy posiblemente traerá consecuencias en el mercado de trabajo (Y. Massieu, 1989:7).

Parece que la búsqueda de la calidad para competir internacionalmente es el factor determinante de adopción de la biotecnología: en efecto, los productos mexicanos de exportación están amenazados en sus mercados externos por su alto contenido de productos químicos tóxicos (es el caso del jitomate y de los cítricos en el mercado norteamericano), su inadecuación a la demanda industrial de las empresas procesadoras (en cuanto a la falta de estandarización, su composición química, etc. Solorzano Mier:21), su infectación por plagas y su bajo poder de conservación. La biotecnología permite crear variedades libre de virus a partir de tejidos no contaminados, que no necesiten de plaguicidas. También permite crear tomates con mayor contenido de sólidos y legumbres más adaptadas a la demanda industrial e internacional. El mercado de hortalizas y frutas sin duda se transformará rápidamente, por estos avances tecnológicos. [4] Su aplicación en la floricultura también, que no requiere de alta calificación y es cada vez más difundido, ha contribuido al auge floricultor de México, palpable en regiones como Morelos y el Estado de México donde esta producción se ha expandido rápidamente en pequeñas y medianas explotaciones, y al lugar que ocupa México actualmente como expondor mundial de flores (5o. lugar), que se debe también a las excelentes condiciones de clima y tierra para la floricultura que tiene el país. La principal empresa mexicana de biotecnología vegetal, BIOGENETICA MEXICANA, y empresas semilleras transnacionales, como

DELVA, de Francia, operan en este mercado junto a pequeñas empresas; importan plantas madre de Europa, las reproducen y adaptan en laboratorio y las comercializan, estableciendo contratos estrictos con los agricultores, para evitar que éstos las reproduzcan por su cuenta. En hortalizas, está presente uno de los mayores "holdings" del país, Desc. Ind, así como las empresas transnacionales americanas MONSANTO, CALGENE y CAMPBELL que ya empezaron a introducir "jitomate transgénico" en México. Otras empresas comercializan nuevas semillas de papa.

Los cultivos perennes de plantación, como el café, se enfrentan a una drástica crisis de sus mercados externos, debido a la sobreoferta mundial y a la ruptura del Convenio Internacional del Café que acabó con el mercado de cuotas de precio preferencial, y al ataque de una plaga, la roya, que provoca el desplome de los rendimientos. Esta enfermedad, junto con los costos crecientes (en agroquímicos) del cultivo, los bajos rendimientos promedio de las plantaciones mexicanas, y la tendencia del mercado internacional de privilegiar los cafés de alta calidad y de precios más bajos, han llevado en 1986 al INMECAFE a instrumentar un programa de investigación/difusión de variedades resistentes a la roya y de altos rendimientos, seleccionadas y reproducidas gracias a la biotecnología, con el apoyo científico-técnico del laboratorio de cultivo de tejidos vegetales de Chapingo, la ayuda financiera de la Cía. Nestlé y la cooperación de Portugal, de donde se han traído variedades de catimorra resistentes a la roya, gracias a cruza con especies autóctonas procedentes de Timor. El laboratorio de Fitotecnia ha logrado variedades adaptadas a las diferentes regiones productoras, reproducidas clonalmente, y ha empezado a difundir dos variedades, una para productores pequeños (que son el 70% de los productores de café en México), resistente, con rendimientos de 5 a 6.5 kg/árbol/año, y otra para los productores más tecnificados, más vulnerables pero con rendimientos de 18 a 20 kg. por árbol, que permitan sufragar los costos del combate a la roya. (R. Madrigal, entrevista)

En tabaco, producto que se enfrenta también al deterioro de los mercados internacionales, TABAMEX ha firmado un contrato con el CINVESTAV Irapuato del Instituto Politécnico Nacional para desarrollar variedades resistentes a los virus, pero la liquidación de esta para-estatal, deja en la incertidumbre este programa.

Otro cultivo de gran potencial para las zonas áridas y depauperadas de México es el agave tequilero y mezcalero y el henequén. El Colegio de Post-graduados de Chapingo, el Depto. de Fitotecnia de la misma, la empresa Tequila Cuervo, el Centro de Micropropagación de Oaxaca y el Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán (CICY), han logrado incrementar su productividad de 10 a 15 veces y acortar el tiempo de crecimiento de la planta, que normalmente es muy largo. En Yucatán, donde la crisis henequenera se arrastra desde hace 20 años, éstas nuevas variedades se han validado en campo (R. Madrigal) y sólo falta una decisión política para implantarlas en los plantíos exhaustos de los ejidatarios, cuya productividad se ha desplomado vertiginosamente. Pero no le conviene al Estado, pues existe una sobreproducción mundial de fibra, y se está retirando de la actividad.

La micropropagación por cultivo de tejidos se aplica también en las plantas arbustivas y las especies, como la pimienta, la canela y la vainilla, y en la palma de coco y los árboles maderables. La vainilla, originaria de México, había desaparecido casi completamente como producto comercial debido al desplazamiento de México por Madagascar en el mercado internacional, y por la aparición de la vainilla sintética. Sin embargo, debido a que la vainillina parece tener efectos cancerígenos, se quiere nuevamente impulsar este cultivo con variedades de mayor rendimiento en plantaciones semi-silvestres de zonas indígenas de Veracruz, dado que ahora existe una mayor demanda (entre otras, de la Coca-Cola). Por otro lado, la palma de coco fue afectada por la plaga amarilla y por la

política de las empresas transnacionales aceiteras y de cosméticos, que sustituyeron ésta materia prima por otras e impulsaron, como la UNILEVER, plantaciones de palma africana en Asia mediante reproducción clonal in vitro, causando el derrumbe de los precios. Se logró el cruzamiento en el mencionado Dep. de Chapingo, con una variedad de mayor rendimiento y más resistente procedente de Malasia, lo que tal vez podría ayudar a la recuperación de esta actividad en crisis.

Asimismo, la silvicultura podría verse beneficiada por la biotecnología, ya que permite reducir el tiempo de crecimiento, y por tanto de selección y mejoramiento de los árboles en grado considerable, y posibilita la propagación masiva. Las investigaciones han logrado obtener árboles de rápido crecimiento y resistentes a la sequía, la salinidad y las plagas, pero están básicamente en manos de empresas extranjeras (Solorzano Mier:18). El Colegio de Postgraduados y la Universidad de Chapingo han desarrollado sin embargo cultivos de tejidos de pinos, caobas, cedros y eucaliptos nativos, y existe un convenio entre la empresa FABRICA DE PAPEL TUXTEPEC y la primera institución.

Si consideramos la extrema gravedad de la situación de los bosques de México, afectados por una tasa de deforestación del 1.3% anual (500,000 has. al año), entre las más altas del mundo, [5] su estado de abandono, la falta de reforestación y el grado crítico alcanzado por las contradicciones sociales, el arcaísmo y la baja eficiencia en las explotaciones forestales, la biotecnología se antoja como un arma eficaz contra la desertificación y el saqueo de los bosques, si se lograra previamente resolver la madera de antagonismos sociales que aquejan la actividad y organizar, capacitar y apoyar financieramente a los comuneros dueños del monte.

La investigación biotecnológica en alimentos básicos (maíz, frijol, trigo, arroz, caña de azúcar) está entre las áreas más rezagadas, a pesar de las ingentes carencias nutricionales de la población y del profundo decaimiento de la producción, que obliga al país a importar 10 millones de toneladas de alimentos anuales. Las dificultades técnicas a las que se enfrenta, dada la complejidad genética de este tipo de plantas, no han permitido grandes avances en estos cultivos, a lo que se añade la falta de una política de fomento firme de la investigación en este campo. De las seis unidades de investigación dedicadas a los granos básicos, sólo el CINVESTAV-Irapuato trabaja en ingeniería genética sobre arroz y frijol, sin haber logrado aún resultados probantes.

La Universidad A. Narro de Saltillo, el laboratorio de cultivos vegetales de Chapingo y el CIMMYT han experimentado variaciones somaclonales, rescate de embriones y selección "in vitro" de variedades de maíz y de trigo resistentes a la sequía. En Fitotecnia de Chapingo se investiga sobre genes de alto crecimiento y de resistencia a la sequía del maíz, ya que aparecen como una prioridad técnica para la agricultura mexicana, opinión compartida por el CIMMYT, [6] que contempla también la resistencia a las plagas en maíz y trigo: "se introducen genes resistentes a los insectos en el germoplasma mejorado. El CINVESTAV colabora con nosotros y va a producir pronto una semilla de maíz resistente a los insectos... La ingeniería genética es costosa y difícil y el CINVESTAV tiene convenio con MONSANTO. Estas semillas existen ya en el mercado internacional pero son patentadas por las compañías... Tenemos un banco de germoplasma con 10,000 colecciones de semillas que regeneramos con este nuevo material genético, y luego las difundimos entre los campesinos. Hemos logrado ya semillas mucho más resistentes a la sequía, pero lo que no se encontró todavía es una variedad que combina resistencia a la sequía, con resistencia a las plagas. Por otro lado el CIMMYT de Costa Rica ha logrado manejar insectos "biocidas" para combatir los depredadores. [7] Hemos privilegiado estas líneas de investigación porque en México se hace un uso exagerado de plaguicidas, hasta de D.D.T. y paraquat, prohibidos en otros países y porque los campesinos no pueden comprar muchos fertilizantes y plaguicidas". (D. Jewell, CIMMYT, entrevista)

La biotecnología proporciona también métodos de detección de enfermedades y de selección de genes.

Por ende, un éxito reciente en básicos ha sido la fijación de nitrógeno por medio de inoculación de las raíces de gramíneas, y vía simbiosis con el rhizobium, una bacteria asociada al frijol, llevado a cabo por el Centro de Investigación en Fijación de Nitrógeno de la UNAM en Cuernavaca, que dota a las semillas de la facultad de autofertilizarse.

Ya está en venta la NITRAGINA, un polvo de esporas que tiene esta facultad.

En síntesis, las dificultades técnicas, la falta de apoyo oficial y el control de las investigaciones de punta en ingeniería genética de granos por las mismas compañías transnacionales que producen los plaguicidas químicos, no han permitido lograr aún variedades de granos capaces de resistir las dos principales limitantes técnicas de la producción de maíz y frijol en México: la sequía y la alta incidencia de plagas y malas hierbas. Paradójicamente, la política oficial ha empezado una labor de extensionismo dirigida a los campesinos no en el sector de granos básicos, sino en cultivos agroindustriales y de exportación: ciertos gobiernos estatales, en vinculación con instituciones de enseñanza e investigación, han creado laboratorios de cultivo de tejidos que dan asesoría técnica a grupos de campesinos, como en Oaxaca en café, en Chihuahua, Durango y Aguascalientes en frutales, en Morelos en flores con el apoyo del FIRA, y en Yucatán sobre agave, (R. Madrigal), con el fin de mejorar variedades autóctonas [8] e impulsar la reconversión de los campesinos con mejor dotación de recursos hacia los cultivos rentables. Finalmente, parece que muchos procesos biotecnológicos aún enfrentan problemas de viabilidad científico-técnica dado el escaso desarrollo que se ha logrado en ciertas áreas, como el cultivo de tejidos en cultivos básicos. De estos problemas derivan problemas de costeabilidad económica, por lo que en general los procesos que se han desarrollado en nuestro país, básicamente el cultivo de tejidos, sólo son aplicables a cultivos de alto valor económico como los hortofrutícolas y los ornamentales. De ahí que no favorezcan precisamente a los campesinos mayoritarios del país.

## 2. La biotecnología en el sector pecuario

La penetración de la biotecnología en la ganadería mexicana es todavía muy incipiente, y sólo ha alcanzado algunos de los ganaderos más grandes del país, situación que no hace sino reflejar pautas de comportamiento muy conservadoras de este sector empresarial, que sigue aferrado a menudo a la gran propiedad terrateniente y se distingue en su mayoría por su ausentismo y su baja inversión.

El amplio potencial de las nuevas tecnologías, que abarca desde la producción de alimentos proteínicos para el ganado a partir de desechos agropecuarios y agroindustriales, de "probióticos", de antibióticos y vacunas, hasta las hormonas de crecimiento y prolactinas, pasando por el trasplante de embriones y la superovulación, adquiere su verdadera dimensión cuando se conoce la magnitud del déficit lechero en el país: la producción cayó 30% de 1982 a 1989, el hato especializado en 40%, el 75% de la planta pasteurizadora desapareció en los últimos cinco años, y se tuvo que importar en 1988, 231,000 ton. de leche en polvo, a un precio de 2,200 dls. la ton., [9] como consecuencia de un déficit de 15 millones de litros diarios, lo que representó el 31% del consumo nacional, y convirtió a México en el primer importador mundial. La producción de carne de res se desliza por el mismo camino, registrando tasas negativas en los últimos años, lo que obligó el país a importar en 1988 volúmenes considerables de carne por primera vez, por un monto de 250 millones de dólares. El país sólo dispone de mes y

medio de reserva forrajera, y tiene que importar más del 40% de sus necesidades de sorgo y más del 60% de las de soya para la elaboración de concentrados, colocando a los forrajes como el 2o. rubro de las importaciones agrícolas.

El panorama en el ámbito de productos biotecnológicos sanitarios (vacunas, medicamentos, etc.) y de hormonas de crecimiento (somatotropinas) está totalmente dominado por la tecnología y el monopolio comercial de las empresas transnacionales (Arroyo y Chambille:189), salvo un proyecto experimental de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Estas hormonas producen un fuerte incremento de peso del ganado, y esto sin toma de grasa en porcinos. Se usan en forma incipiente sólo en las producciones muy intensivas (avicultura, porcicultura y lechería).

En materia genética, existen sólo cuatro centros de investigación que superaron la fase experimental: la transferencia de embriones ha sido practicada por la Facultad de Veterinaria de Nuevo León, con aplicaciones a través de la Unión Ganadera del Estado, por la SARH en Querétaro, que trabaja además en la creación de un banco de embriones y en la producción de gemelos mediante la partición de embriones, y por LICONSA en el centro de Mejoramiento Genético de Tepozotlán. [10] La compañía CARNATION, filial de NESTLE, practicó también esta técnica sumamente compleja asesorando a algunos de sus abastecedores de leche. Esta técnica sólo ha llegado a unos cuantos grandes ganaderos, pues ni siquiera la inseminación artificial está generalizada en el país... Por otro lado, la Facultad de Veterinaria de la UNAM ha producido "microvacas" de 150 kg. que producen 4 litros de leche por día y necesitan 10 veces menos espacio que una vaca normal, gracias a un proceso de selección natural (Solorzano Mier:23). Cabe recordar que las vacas cebuinas del trópico producen apenas tres litros en una superficie cercana al hectárea.

Es sin duda en el campo de los alimentos no convencionales del ganado que los resultados de la biotecnología son más palpables y prometedores, al ofrecer una alternativa al problema de la escasez forrajera, y de la dependencia hacia las importaciones y las compañías extranjeras que dominan la producción de concentrados a base de sorgo y soya en México.

Los probióticos o promotores del crecimiento son aditivos a la ración alimenticia del ganado, formados por microorganismos, residuos de sustrato para la fermentación (bagazo, harina de yuca, etc.) adicionados de minerales y vitaminas. Su función es aumentar la digestibilidad a nivel ruminal, proporcionar nutrientes indispensables, prevenir las enfermedades gracias a su papel antibiótico, y ayudar a la conservación del ensilaje de forraje controlando la fermentación (R. Herrera, entrevista). Permite un mejor aprovechamiento de las proteínas por el ganado, lo que se traduce en un incremento de peso y del rendimiento en leche, el cual mejora entre 5 y 10%; el aumento de peso en ganado de engorda permite una ganancia de 17% comparando costos y utilidades (Gladys Hoyos, entrevista). Si bien este tipo de productos es actualmente importado de Estados Unidos, se podría fácilmente producir en México a partir de los abundantes sustratos de biomasa del país, lo que permitiría abaratar el producto (R. Herrera). El precio relativamente elevado de los probióticos importados limita su uso a grandes productores lecheros muy tecnificados del Altiplano que producen su propio alimento y llevan un control de los rendimientos y de la conversión. [11]

El "biofermel" es un alimento a base de desechos enriquecidos por biofermentación, que utiliza melaza, o rastrojos de maíz, con estiércol y urea, en una proporción de 25% de la ración alimenticia total. Sus ventajas principales son facilitar el reciclaje de desechos y residuos de la misma explotación, disminuyendo su dependencia de los insumos comprados, e incrementar de 25 a 50% la ganancia de peso por día del ganado de

engorda, dando lugar a aumentos de 30% en el rendimiento económico, comparado con ganado engordado a base únicamente de granos. [12] Se ha comprobado también su redituabilidad en ganado lechero y en borregos.

Por otra parte, los desarrollos más recientes en alimentos no convencionales incluyen un intento, promovido oficialmente, de producir masivamente yuca enriquecida como forraje, que abortó por falta de materia prima, experimentos con residuos de la caña como el bagazo fermentado para ensilaje, y con pulpa de café gracias al procedimiento de detoxificación de ésta ideado por el Dep. de Biotecnología de la UAM-Iztapalapa, que permitiría dar uso a parte de las 150,000 ton. de pulpa desechadas por los beneficios de café, disminuir los residuos contaminantes de estas industrias, mejorar la alimentación del ganado tropical en la estación seca, e incrementar la producción lechera (S. Roussos, entrevista). Se puede aprovechar igualmente los residuos del henequén, del coco, del plátano, cacahuete y otros, favoreciendo así la integración agricultura/ganadería, reduciendo los costos de alimentación del ganado, en particular para los pequeños ganaderos del trópico, y combatiendo la contaminación (R. Herrera): "El uso de desechos agrícolas como principal ingrediente en la alimentación animal disminuirá la demanda de granos y de tierras potencialmente cultivables que se dedican a este fin. La implementación de sistemas basados en el manejo adecuado de subproductos agrícolas haría factible reducir los costos de producción de la proteína de origen vegetal" (G. Mata, 1988).

## TEXTO

### 3. La biotecnología agroindustrial

Ciertamente uno de los campos de mayor desarrollo de la biotecnología, no ha sido sin embargo objeto de investigación para este estudio, dado que escapa a la agricultura propiamente dicha.

La presencia del capital extranjero es hegemónica nuevamente en este sector; aún cuando existen también empresas nacionales consolidadas, emplean tecnología extranjera. Producen medicinas (antibióticos, vitaminas), productos químicos (enzimas, reactivos) y alimentos del ganado, a partir de subproductos agrícolas como la melaza. Así, la gran empresa FERMEX de capital mexicano-japonés, produce lisina para alimentación del ganado porcino y avícola en base a melaza, muy abundante en México. El sindicato de trabajadores de la Industria Azucarera, de la C.T.M., tiene un contrato con el CINVESTAV, D.F., para producir levadura torula a partir de melaza. Estas nuevas utilizaciones de los derivados de la caña podrían agregarle valor y diversificar los mercados de esta planta sumida en el estancamiento y el declive progresivo por el fin del boom azucarero mundial ya mencionado, y por bajos rendimientos tanto en campo como en fábrica.

Finalmente, los proyectos de producción de proteína unicelular (PUC) a base de melaza, bagazo o yuca, desarrollados por el CINVESTAV-D.F., en vista a sustituir el "paquete soya" en la alimentación animal, han fracasado en su dimensión industrial y económica, debido a problemas de escalamiento industrial y a la baja rentabilidad de este complejo proceso... En síntesis, esta rama industrial podría dar un aprovechamiento productivo mucho más amplio y económicamente rentable a la gran masa de esquilmos agrícolas generados en el país.

### V. Una comparación con la Revolución Verde

A la hora de adelantar hipótesis sobre los efectos macro-sociales y macro-económicos que podría tener la revolución biotecnológica, sobre la agricultura mexicana, conviene recordar que, si bien la ciencia básica es un acervo neutral de conocimientos que no entraña en principio ningún determinismo social ni engendra en su seno formas específicas de organización y división del trabajo y mecanismos de dominación socio-política (en cambio, el discurso sobre la ciencia, de corte positivista y tecnocrático, sí encubre y justifica estos mecanismos), la tecnología en cambio se encuentra más sometida a condicionantes sociales y políticos, desde la selección de las prioridades y la orientación de las investigaciones hasta su instrumentación en la esfera productiva, llegando a veces hasta inducir en forma casi inevitable determinado tipo de organización del trabajo. Como dice BETTELHEIM: "La manera como las ciencias y las técnicas se desarrollan depende de las relaciones de clases imperantes, y la implementación de diversas técnicas conlleva también efectos de clases determinados. Tal es el caso, obviamente, de las técnicas desarrolladas en los países imperialistas" (Bettelheim, 1978: 64-65). Por otra parte, la accesibilidad o amplitud de su difusión potencial no es independiente del tipo de propiedad sobre estas fuerzas productivas y del tipo de tecnología propuesto, ya que factores como la complejidad, el costo, la indivisibilidad o divisibilidad de las técnicas (su presentación bajo la forma de un "paquete" o no) repercutirán desde luego sobre su grado de accesibilidad a amplios grupos sociales. En México, el proceso de modernización de la agricultura desde los años 40', si bien ha sido espectacular, se caracterizó por su carácter eminentemente selectivo y discriminatorio tanto a nivel social como geográfico, como lo veremos con la Revolución Verde. Conviene no olvidar estas premisas cuando se habla del inmenso potencial de la biotecnología para resolver las carencias de los países en vía de desarrollo y para incrementar su producción alimenticia.

El desarrollo de las fuerzas productivas en la agricultura ha pasado por cinco etapas que fueron marcadas en términos gruesos, por los siguientes adelantos técnicos (F.E. Vega y Trujillo Arriaga, 1989:947):

- 1.- Nuevas prácticas agronómicas, como la programación y la mayor densidad de siembras, y el riego.
- 2.- Mecanización
- 3.- El uso de semillas mejoradas
- 4.- El uso de plaguicidas y fertilizantes
- 5.- La biotecnología.

Estas tecnologías tienen repercusiones sociales diferentes; de ninguna manera se puede considerar, por ej., que todas propician el desplazamiento de mano de obra rural: las técnicas agronómicas, al contrario, inducen un uso más intensivo y extensivo de la mano de obra, aunque exigen mayor especialización y calificación de ésta (V. Salles, 1990). Las técnicas agroquímicas, en cambio, si bien pueden incrementar en una primera fase el uso de mano de obra para la aplicación de las sustancias fertilizantes o fitosanitarias, ésta suele mecanizarse en las grandes explotaciones, hasta con avionetas, reduciendo al mínimo el uso de fuerza de trabajo. Las técnicas biológicas, como el uso de semillas mejoradas, son neutrales con respecto al empleo, pero tienden a incrementar la inversión de capital y las necesidades de gestión. Todas estas técnicas permiten incrementar los rendimientos por unidad de tierra y su eficacia no depende de la superficie detentada, al contrario tienden a aumentar la intensidad en el uso del suelo y de la fuerza de trabajo. Por el contrario, la mecanización desplaza mano de obra, [13] al multiplicar la

productividad del trabajo, y sólo revela su potencial en superficies lo bastante extensas y homogéneas para que los equipos sean utilizados a su plena capacidad. En cuanto a la biotecnología, sus posibles efectos serán detallados más adelante.

El problema se complica no obstante cuando una determinada técnica es presentada junto con otras (paquete tecnológico), en forma que no surta efecto si no está acompañada por éstas. La integración de paquetes no siempre responde a una necesidad técnica intrínseca, sino a los intereses de los vendedores de tecnologías agrícolas, las grandes corporaciones agroindustriales, que buscan ampliar sus mercados e inducir una dependencia comercial compleja entre sus clientes rurales.

La difusión de la Revolución Verde en México y en el Tercer Mundo en los años 50 y 60's, en general se realizó sobre la base de un paquete tecnológico.

Así, las semillas mejoradas de trigo formaban parte de un paquete que incluía fertilizantes, insecticidas, herbicidas, maquinaria y riego, lo que propició que sólo los productores capitalistas tuvieran el capital y la tierra suficientes para poder adoptarlas. Las semillas híbridas de maíz requerían también de altas dosis de fertilizantes y de riego, por lo que la gran mayoría de los campesinos no pudieron utilizarlas, y cuando fueron implantadas en zonas de buen temporal (Plan Puebla), permitieron obtener mejores rendimientos pero a costa de costos elevados y crecientes en fertilizantes, y no se tradujeron en mejores ingresos para los campesinos, ya que los acaparadores y comerciantes bajaron sus precios de compra. En suma, la Revolución Verde, si bien logró importantes aumentos en rendimientos del trigo y del maíz, no pudo beneficiar a la mayoría de los productores, dada la limitación de sus recursos físicos y de capital, ni difundirse a lo largo y ancho del país, lo que profundizó el desarrollo regional desigual. Incluso los altos rendimientos experimentales obtenidos en trigo no pudieron generalizarse, debido a la necesidad de sufragar elevados costos de fertilizantes. Por otro lado, "la adopción del nuevo paquete tecnológico hizo al productor campesino más dependiente del mercado, obligándolo a comprar insumos manufacturados y a vender la mayoría de su producto con el objeto de poder comprar los insumos del año siguiente". Además, "aunque la nueva combinación de insumos es básicamente neutral con respecto a las economías de escalas técnicas, hay otros costos como financiamiento y educación que no lo son", lo que trajo "como resultado un grave incremento en la inequidad del ingreso entre las diferentes clases de agricultores, derivado de la tasa mayor de adopción del paquete por los agricultores más grandes y de la diferencia de beneficio mayor implícita en esa adopción" (H. Cleaver, 1972:170).

Una consecuencia directa, crucial y paradójica aunque no inmediata de la Revolución Verde, fue el desplazamiento de fuerza de trabajo y el incremento del éxodo rural, ya que, si bien la nueva técnica requiere de más trabajo en siembra, cultivo y cosecha, al permitir el doble cultivo anual, la asociación con la mecanización introducida gracias a los excedentes de capital que generó para los empresarios agrícolas la Revolución Verde, provocó un desempleo rural masivo, que se volcó a las ciudades, incrementando la tasa de urbanización sin una correspondiente absorción de la mano de obra por la industria, por el carácter intensivo en capital de ésta y por la brutalidad e intensidad del mismo proceso (a diferencia de lo que ocurrió en Europa en el siglo XIX). [14]

#### Cuadro 1

El modelo tecnológico de la Revolución Verde empezó a dar señales de agotamiento a fines de los 70's, no sólo en México, sino en Estados Unidos, donde se remonta a los años 20's: rendimientos estancados o decrecientes frente a costos crecientes, uso exagerado de energía y agroquímicos por unidad de superficie, y deterioro ecológico de los distritos

de riego (salinización de las tierras, etc.). En los años 80's, su fracaso se tradujo dramáticamente en el endeudamiento y quiebra de muchos "farmers" de Estados Unidos y no pocos productores medianos en México, planteando graves problemas al sistema: "El bloqueo que experimenta el modelo agroalimentario occidental se agrava no sólo debido al alza de las tasas de interés que arruinan a los productores agrícolas endeudados, sino también por los altos precios de los insumos, en particular los energéticos y la maquinaria. La biotecnología vendría entonces a reducir los costos de producción de los alimentos mediante un ahorro de energía y una valorización de la biomasa. Con el mejoramiento de la productividad agrícola y agroindustrial, se podría entrar a una nueva fase de la acumulación. La biotecnología aparece entonces como una tabla de salvación para las grandes empresas transnacionales y para los países industrializados" (D. Rodríguez y F. Torres, 1988).

¿Cuáles son los alcances y las ventajas de la Revolución Biotecnológica comparados con los de la Revolución Verde?

La lectura del cuadro 1 pone en evidencia que el campo que abarca la biotecnología, en términos geográficos, de los productos agropecuarios interesados, y de los factores productivos en los que incide, es mucho mayor que el de la Revolución Verde, puesto que los cubre prácticamente todos. Esto contrasta con la mucha menor accesibilidad de sus técnicas, tanto por el carácter privado y concentrado de la fabricación de los insumos biotecnológicos, protegidos por patentes, como por los conocimientos especializados y el "know how" necesarios para su uso, y por sus altos precios.

#### VI. Los efectos de la Biotecnología en México: ni panacea ni amenaza letal

Ante los vientos de la modernidad que soplan en México desde los países más desarrollados y las altas esferas, y que empiezan a azotar también el mundo rural, cuyos rezagos, atraso, improductividad y miseria parecen la antítesis de la modernidad, que hay que barrer cuanto antes, el discurso cientista, positivista y tecnocrático se ha vuelto hegemónico, justificando el gran costo social de la modernización económica y tecnológica con la urgencia de convertir a corto plazo al país en una nación desarrollada integrada totalmente a las corrientes "benéficas" de la economía internacional. La valorización del posible impacto de la biotecnología en México ha sido permeado por este discurso, resaltando sus potencialidades para sacar del atolladero a su agricultura y a sus campesinos, para alcanzar la autosuficiencia alimenticia del país y para regenerar su deteriorado medio ambiente, haciendo caso omiso de los condicionantes macroeconómicos, sociales, culturales, jurídicos, etc, que moldearon el desarrollo de estas tecnologías y determinan hoy su producción y distribución. En efecto, las mutaciones tecnológicas que nos vienen del norte pueden traer cosechas abundantes pero también perturbaciones devastadoras, promesas pero también amenazas, dado el control que detentan los países desarrollados y las empresas transnacionales sobre los procesos y productos biotecnológicos.

Este control se refleja en el predominio de las empresas norteamericanas: 276 frente a 125 europeas, 43 canadienses y japonesas, y sólo 37 de América Latina. (R. Quintero, 1989). Las grandes compañías transnacionales petroleras, químicas y farmacéuticas, al absorber la mayoría de las pequeñas empresas pioneras de la biotecnología, como GENENTECH en EE.UU. absorbida por Hoffman La Roche, y al desarrollar, con inversiones cuantiosas o con contrato con universidades y centros especializados, su propia investigación, controlan hoy el mercado: "La capacidad de reacción y reacomodamiento sectorial de las empresas transnacionales (E.T.), así como su poder financiero y de comercialización, parece reservarles un papel central en la explotación del incipiente mercado biotecnológico"; a pesar de que la biotecnología

constituyó en cierta forma una ruptura de paradigma tecnológico, parece que está dando lugar rápidamente "a la aparición de un polo industrial transectorial dominado por grandes empresas de las ramas química, farmacéutica, petrolera y agroalimentaria". (C.M. Correa: 990-992)

En esto radica una diferencia importante con la Revolución Verde, por lo que es aún "más difícil que llegue a manos de los pequeños productores, cuya demanda solvente de nuevas tecnologías es prácticamente nula". (G. Arroyo, 1986:31)

En México, las E.T. empezaron a penetrar los centros públicos e internacionales de investigación, como resultado de la falta de apoyo por parte del Estado o de las empresas privadas nacionales: el CINVESTAV-Irapuato, el Centro de Ingeniería Genética de la UNAM, el CIMMYT, tienen contratos de financiamiento con empresas como MONSANTO, con riesgo de que con el tiempo tengan que cambiar sus prioridades para adecuarse a las de ellas, marginando las investigaciones orientadas a productos básicos y a las necesidades campesinas.

Una alternativa sería que estos centros pudieran patentar sus resultados y venderlos a la industria privada nacional. Pero no existe aún una ley que permita patentar procesos y productos biotecnológicos en las áreas de salud y alimentación, aunque se anunció oficialmente que en 1991 habrá "una base jurídica que permita la transferencia de tecnología del exterior, en especial de ingeniería genética, y que se revisará la Ley de Patentes para dar seguridad a la investigación sin desproteger al país", como consecuencia de los acuerdos de liberalización comercial que México y Estados Unidos están negociando. Las consecuencias negativas de esta decisión podrían ser mayores que las positivas: la autorización de patentar genes de plantas va a reforzar considerablemente la dependencia de los agricultores hacia la industria semillera, pues podría impedirles apartar semillas mejoradas de sus propias cosechas, y obligarles a comprarlas cada año en el mercado, y va a provocar una fuerte alza de precios en las semillas, afectando a los campesinos sin poder de compra suficiente. Por otro lado, podría permitir la privatización por empresas extranjeras de variedades nativas de México, mediante su mejoramiento y patentamiento, lo que les sería facilitado por la escasez de bancos de germoplasma y de una labor sistemática de recopilación y registro de variedades vegetales en el país. [15] La creciente sofisticación tecnológica de la producción de nuevas semillas, además, acentuará el control genético de estas firmas sobre insumos claves de la producción agropecuaria.

México, pues, está ante el riesgo de convertirse, como en el campo de la informática, en mero consumidor e importador de biotecnologías, con escasa capacidad de generar sus propios genes, adaptados a sus necesidades, tradiciones y acervo de recursos y conocimientos: "Si en México no se desarrolla la ingeniería genética vamos a depender totalmente de las empresas transnacionales, pues acabaremos comprando las semillas patentadas que originalmente se dieron en el país. Lo mismo el maíz, el frijol, el sorgo, nos lo venderán con nuevas propiedades y es ahí donde la dependencia es brutal (...) México es la quinta región más rica en el mundo a nivel de organismos vegetales y animales, lo que representa un potencial extraordinario. El gobierno dice que esta área es prioritaria pero en realidad hace poco para apoyarla. Existe una miopía en este sentido y probablemente perdamos la posibilidad de utilizar nuestros recursos naturales como un arma estratégica para desarrollarnos". (H. Gómez, 1990)

Conviene tener presente este marco internacional a la hora de evaluar los efectos posibles de la biotecnología en la agricultura mexicana, pues aunque es una herramienta valiosa en sí, dependerá de como y de quien la usa (R. Madrigal). Estos efectos serán analizados en relación a cinco aspectos medulares de la problemática agropecuaria del

país: 1) Accesibilidad de la tecnología y sus efectos sobre la polarización social rural, 2) Empleo agrícola y agroindustrial, 3) Rendimientos y rentabilidad agropecuarias, 4) Importaciones y exportaciones de alimentos 5) Protección del medio ambiente rural.

### 1) Accesibilidad de la tecnología y polarización social rural

Si bien las técnicas e insumos de la biotecnología son relativamente flexibles, y no necesitan de un "paquete" complejo que incluya riego, fertilizantes, plaguicidas, mecanización, ni tampoco requieren de grandes escalas para aplicarse, lo que permite a los pequeños productores su aprovechamiento, [16] sin embargo la generación y aún el manejo de los procesos biotecnológicos sí requiere de una alta tecnicidad, de conocimientos especializados que no tienen los campesinos. [17] Se necesitarían financiamientos cuantiosos para sensibilizarlos y capacitarlos, y habrá que adaptar la tecnología a sus condiciones y carencias: "la biotecnología no puede hacer milagros para los campesinos maiceros, pues sus condiciones productivas son muy malas. Más que llevarles la biotecnología, mejorar sus prácticas agronómicas permitiría fácilmente duplicar sus rendimientos" (D. Jewell, entrevista). Por otra parte, adoptar las nuevas técnicas implica mayores riesgos técnicos y financieros, lo que no está en condiciones de hacer por lo general el campesino. La introducción de la biotecnología incidirá además sobre las formas de organización del trabajo campesino, pues exige una mayor intensificación de los procesos de trabajo, y requiere de una organización comunitaria o asociativa a nivel local para instrumentarse en forma eficiente.

Aunque los precios de los nuevos productos no son muy altos, la procedencia importada de la mayoría, el control de las E.T. sobre su distribución, y su política de vender "paquetes" integrados han encarecido su costo, creando una mayor dependencia de los agricultores hacia sus proveedores, reforzada por la no reproductibilidad de las semillas por el usuario (Lettre de Solabral, 1989), ocasionando la pérdida de su control sobre sus medios de producción y por ende sobre su proceso productivo.

En estas circunstancias, es probable que los grandes empresarios agrícolas que tengan la capacidad técnica, los recursos financieros y la experiencia comercial y de gestión suficientes para poder usar estas tecnologías, serán los principales beneficiarios, y en segundo lugar ciertos grupos de campesinos dedicados a cultivos agroindustriales bajo supervisión estatal, o a la agroexportación, en zonas de agricultura moderna y de buenas tierras. Serán eliminados muchos pequeños productores que no podrán competir, agravándose la polarización social.

### 2) Efectos sobre el empleo

Neutrales con respecto al empleo, las técnicas biológicas no implicarán en un primer momento drásticos cambios en los procesos de producción y en el empleo: pueden reducir las labores de aplicación de insecticidas y fertilizantes, pero incrementar otras prácticas agronómicas (cuidado de cultivos, etc.); al permitir obtener plantas más homogéneas y de tiempo de crecimiento más parejo, podría facilitar la mecanización de las cosechas (D. Rodríguez y M. Chauvet) eliminando mano de obra, pero al potenciar cultivos intensivos en mano de obra, como los frutales y las hortalizas y las flores, que además necesitan una cosecha a mano para garantizar su calidad, propicia la creación de más fuentes de trabajo (Y. Massieu, 1990). A más largo plazo, si la biotecnología permitiera utilizar recursos naturales subaprovechados, como las zonas áridas y los bosques, ampliar la frontera agrícola o de temporal, o dinamizar producciones en crisis, como la producción lechera, la henequenera, etc., podría generar muchos empleos, pero el país está aún lejos de este escenario. En cambio, se puede prever un cambio en el tipo de mano de obra requerida, pues cada vez se requerirá de una mano de obra más

capacitada (para el cultivo de tejidos, por ejemplo), y menos trabajadores no especializados. "A largo plazo, podría haber desplazamiento de mano de obra por mecanización y computarización de la agricultura, pero no se debería a la introducción de la biotecnología en sí" (G. Hoyos) y por el impacto de los aumentos de productividad del trabajo debidos a las nuevas técnicas.

En la agroindustria alimenticia, las técnicas de biofermentación causarán una reducción importante del empleo, pues son tecnologías intensivas en capital que permiten automatizar los procesos de producción; por otra parte, dificultarán sobre manera la apropiación por los productores agrícolas de la fase de procesamiento de sus productos, pues las técnicas de producción se volverán más complejas. (G. Viniegra, entrevista).

### 3) Efectos sobre los rendimientos y la rentabilidad agropecuarias

a) Se podrán multiplicar los rendimientos por dos o hasta por cuatro veces (R. Quintero, 1989) e incrementar el número de cosechas anuales. Igualmente se podrán aumentar los rendimientos de leche y de carne.

b) Se reducirá el uso de insumos agroquímicos y de alimentos para el ganado, con lo que se abaratarán notablemente los costos de producción: el consumo de abonos nitrogenados sería sustituido por plantas cuyos genes serían dotados de bacterias fijadoras de nitrógeno, el de plaguicidas por semillas biocidas, armadas contra los depredadores, el de forrajes por probióticos, residuos agrícolas fermentados y alimentos no convencionales locales, pero se incrementará el gasto en semillas y aparecerán nuevos agroquímicos como los promotores del crecimiento. (R. Quintero, 1986)

No cabe duda que el acceso a la biotecnología agrícola significará una "ventaja comparativa" decisiva para los beneficiados, pues disminuirá sus costos de producción y mejorará sus rendimientos, lo que les permitirá eliminar a sus competidores.

c) En cambio, se incrementará la vulnerabilidad genética de las plantas, ya que la biotecnología produce poblaciones de genotipo idéntico.

d) Como la biotecnología permite una mayor rapidez de respuesta de las semillas y de crecimiento de las plantas, la selección y mejoramiento de las especies serían mucho más rápidos y costarán más barato.

e) En materia pecuaria, se pueden mejorar las razas y controlar mejor las enfermedades.

f) Mediante la tecnología de fermentaciones, se podrán aprovechar integralmente los subproductos agropecuarios (esquilmos) sin grandes inversiones ni conocimientos complejos (Solorzano Mier), mejorando la rentabilidad de las explotaciones e integrando agricultura con ganadería.

### 4) Efectos sobre las importaciones y exportaciones de alimentos

La superficie cosechada de alimentos básicos podría expandirse significativamente con semillas resistentes a la sequía y las heladas, y se podría superar los limitantes del cultivo de temporal, mejorando la seguridad alimenticia del país. Asimismo, las semillas resistentes a la salinidad del suelo contribuirán a la recuperación productiva en los distritos de riego, cuya fertilidad ha decaído por el fenómeno de salinización de la tierra.

Por otra parte, la utilización masiva de alimentos no convencionales del ganado, si se lograra crear una planta industrial para su elaboración, ofrecería una alternativa al

pastoreo extensivo en tierras de potencial agrícola y a la sustitución de granos para consumo humano por granos forrajeros, frenando el proceso de ganaderización de la agricultura.

Por ende, se podrían reducir las importaciones lecheras a la mitad, generar muchos empleos en esta actividad, intensiva en mano de obra (R. Herrera), y suprimir las importaciones de carne.

Sin embargo, el muro de protección a la agricultura mexicana está hoy siendo derribado velozmente por las políticas neoliberales del gobierno, y es muy probable que la revolución biotecnológica en los países del norte, al incrementar enormemente sus excedentes agrícolas, provoque una inundación de alimentos importados en el mercado interno, cancelando cualquier posibilidad de reactivar la producción local, como podría pasar con la leche, ya afectada por la mayor apertura a las importaciones: "Si los países en desarrollo deben un día beneficiarse con la biotecnología, es evidente que será mucho después de los países industrializados, lo que significa que serán ellos los primeros en sufrir el impacto negativo que la introducción de biotécnicas en el norte provocará. El efecto más inmediato de la biotecnología allí se hará sentir en el sector lechero. En un futuro próximo, la producción lechera por vaca podría aumentar de 30 a 50% (...) El peligro es que esta producción excedentaria sea vendida cada vez más en los mercados de los países en vía de desarrollo con un sector agrícola débil" (H. Hobbelink, 1988:51-53). Lo mismo podría pasar con el trigo, la soya o el maíz estadounidenses.

No se puede descartar tampoco que las biotécnicas, al fomentar en demasía ciertos cultivos agroindustriales para fines no alimenticios, o productos de exportación como las flores, coadyuven a la sustitución de cultivos alimenticios necesarios a la población, como ocurrió en Brasil con el Programa Pro-alcohol de sustitución de la gasolina por etanol obtenido del alcohol de caña, el cual provocó la expansión irresistible de los cañaverales, la concentración de la tierra, la expulsión de los campesinos precaristas y el deterioro del nivel de consumo alimenticio en las zonas afectadas. (Th. Vander Pluijm, 1983)

Los efectos sobre las exportaciones agropecuarias han sido ya ampliamente comentados aquí; basta recordar que la sustitución parcial de productos tradicionales de exportación de los países en vía de desarrollo (P.V.D.) por productos bioindustriales en las fábricas del norte ya alcanzó el azúcar de caña, algunas plantas aromáticas (azafrán, vainilla, pimienta, jazmín, fresa, naranja y toronja), la grasa de cacao y la copra. Ya se encontró un sustituto del café, a partir de un derivado de la obra, lo que podría acabar de hundir los mercados y precios de este producto, primer producto agrícola de exportación del país, y se están investigando productos sustitutos del cacao, por parte de las empresas transnacionales (E.T.). alimenticias NESTLE y HERSHEY, y del tabaco, mediante cultivos de tejidos, aunque los costos de una producción masiva son todavía altos. Así, "el cultivo de tejidos representa a mediano plazo una tremenda fuente de competición y sustitución de la agricultura porque sus técnicas se pueden aplicar a cualquier planta. Acabaría con las ventajas comparativas de tipo natural de muchos P.VD" (F. Chesnais, 1990).

Este proceso paulatino esta acentuando el desplome del precio de las materias primas, y provocando repercusiones sociales en los P.V.D., como el desempleo masivo de los trabajadores de las plantaciones azucareras de países como Filipinas y la Rep. Dominicana. ¿Qué papel jugarán los países subdesarrollados en la nueva división internacional del trabajo en marcha? Después de que en los 60' y 70's el redespigue industrial de los países del norte trasladó hacia ellos las industrias intensivas en mano de obra, por la "ventaja comparativa" de su fuerza de trabajo barata, el desarrollo tecnológico, sobre todo en micro-electrónica, permitió automatizar los procesos productivos e hizo perder importancia a estos países como espacios de deslocalización

industrial, "rebajándolos a la condición de productores de materias primas. Pero, con el desarrollo de las biotécnicas, aún este humilde papel de los países pobres en el comercio internacional está siendo socavado". (H. Hobbelink, 1988:36)

Estas nuevas reglas del juego en el comercio agrícola internacional están agudizando la competencia entre los países exportadores del sur y entre sus empresarios agrícolas que se dedican a los nuevos cultivos más dinámicos (frutas y hortalizas). [18] Las técnicas biológicas y la agricultura orgánica serán cada vez más rentables que las plantaciones altamente tecnificadas y mecanizadas, pues permiten obtener productos más sanos, que disfrutan de un sobreprecio en los países desarrollados: "Estamos en una época en que la diferenciación de precios y calidades es muy importante, y los costos de producción de los productos van a cambiar radicalmente" (R. Quintero, 1988). En este sentido, la aplicación de la biotecnología al sector agro-exportador puede ser una garantía de reconquista de los mercados... En otro campo, la producción bioindustrial de productos intermedios como el almidón, los aminoácidos, el etanol, etc., a partir de la biomasa puede ser una opción exportadora creciente para los países del sur con abundantes recursos naturales. (G. Viniegra)

##### 5) Efectos sobre el medio ambiente

Los mercados más promisorios en países desarrollados para la biotecnología en el futuro serán los procesos y productos anti-contaminantes y el sector agropecuario (A. I. Solorzano, 1990). No cabe duda que la contaminación aqueja más ahora a países de industrialización media como México que a los países desarrollados. Esto se debe al impacto ambiental desastroso del modelo industrial y agrícola implantado en el país en los años 40's. La persistencia de este modelo tecnológico obsoleto, y la tendencia de los países del norte de exportar sus industrias contaminantes como la petroquímica secundaria, hacia nuestros países, que por lo general tienen pocas reglamentaciones anti-contaminantes, como México, están llevando el país a un colapso ecológico sin precedentes.

Para combatir la erosión acelerada del territorio, es urgente emprender una campaña masiva de reforestación que permita restablecer la reserva de biomasa del país, recurso cada vez más estratégico en la era biotecnológica. Por medio del cultivo de tejidos y de la micropropagación se podría reforestar con árboles de rápido crecimiento y resistentes a plagas... El uso de semillas biocidas y autofertilizantes, por otra parte, podría evitar el abuso de agroquímicos en la agricultura... Por ende, la ingeniería enzimática y las biofermentaciones permitirían a las industrias, en particular a las agro-industrias muy contaminantes como la azucarera, degradar y reutilizar sus desechos industriales, [19] y a la agricultura dar un uso productivo a sus esquilmos.

Sin embargo, la política del estado y los grandes consorcios privados han colocado a la industrialización competitiva del país y a la atracción del capital extranjero por encima de otros objetivos, como la protección del medio ambiente. Se tomarán medidas paliativas para remediar sus efectos perturbadores sobre la calidad de la vida, pero no se cambiará el eje del proyecto global. En estas condiciones, es explicable la insuficiencia notoria de reglamentaciones estrictas para impedir la contaminación industrial y la flexibilidad en la aplicación de las que existen. Uno de los atractivos de México y de muchos P.V.D. para las inversiones de las E.T. es el escaso control existente de las emisiones contaminantes de la industria, además de una energía y una mano de obra baratos. De ahí que las empresas extranjeras químicas y alimenticias estén empezando a instalar bioindustrias de productos intermedios, muy contaminantes, en el país. Un peligro más grave radica en la posible utilización de México como "campo de pruebas" para las experimentaciones en microbiología (nuevas creaciones microbianas, vegetales y animales) de las firmas

biotecnológicas internacionales, como MONSANTO ya lo está haciendo. Es por lo tanto crucial en estos momentos modificar la legislación sobre contaminación ambiental existente y lograr su aplicación sin cortapisas. Por ende, una consecuencia peligrosa en términos agro-ecológicos de la generalización de métodos de reproducción biotecnológica de plantas podría ser su mayor vulnerabilidad a las plagas, pues exigen plantas de genotipos idénticos: una enfermedad imprevista se propaga más rápidamente en este tipo de poblaciones.

Finalmente, aunque los métodos biológicos en la agricultura son en sí poco destructores de los ecosistemas, y aunque la biotecnología puede ser una herramienta para combatir el deterioro de aguas, suelos, flora y fauna causado por la erosión o por la contaminación, los grupos de investigación dedicados al control de la contaminación son escasos, y la producción comercial se ha orientado más bien a elevar la productividad y a diversificar la producción agrícola y agroindustrial, en función de los intereses de las empresas agroquímicas, petroquímicas y alimentarias: "Las barreras físicas a la producción agrícola son problemas ecológicos que sólo se pueden superar con metodologías ecológicas, no genéticas (...) Es más urgente la necesidad de sostenibilidad que la de productividad en la mayoría de los países del mundo (...) La biotecnología, por su pobre sustento ecológico, no es capaz de resolver la sostenibilidad y la estabilidad de los agroecosistemas", a diferencia de la agro-ecología nutrida por la experiencia de los sistemas de agricultura tradicionales, más adaptados a sus biotopos. (F. E. Vega y J. Trujillo, 1989:950) [20]

## Conclusiones

Los especialistas están de acuerdo que el problema de la malnutrición y del hambre en el mundo es más el resultado de la mala distribución del ingreso y de la desigual distribución del consumo de alimentos entre países y clases sociales que de una escasez de producción, dado que existen excedentes mundiales de productos básicos y grandes reservas de productividad y de tierras en los países desarrollados y en el Tercer Mundo. La ola biotecnológica incrementará de manera relevante la producción y los rendimientos de los alimentos, pero amenaza por eliminar muchos pequeños productores incapaces de adoptar la innovación y por desplazar trabajadores agrícolas, agudizando el desempleo rural, y podría ahondar el proceso de marginación y pauperización de los P.V.D exportadores de materias primas agrícolas. Si bien es necesaria una revolución agrícola para resolver los cuellos de botella de la productividad sectorial en los países del Sur, ésta tiene que ampliar las oportunidades de empleo agrícola y no agrícola, y no reducir las, y mejorar las condiciones de inserción de los P.V.D. en el comercio internacional y no empeorarlas. En dos palabras, no sólo hay que producir, sino reproducir, o sea asegurar a largo plazo las condiciones de reproducción de los moradores rurales. En caso contrario, la mayor producción se repartirá en forma más concentrada e inequitativa.

Aún relativizando los alcances reales del boom de la biotecnología, es indudable que alcanzará, desde el exterior, sectores crecientes de productores y consumidores en México. Por lo tanto una de las prioridades de la política científica y tecnológica debería ser controlar y regular esta difusión, y establecer prioridades de investigación y producción para generar una biotecnología que ayude a promover un proceso de desarrollo rural auto-sustentado, contribuya a mejorar la utilización de los recursos naturales del país y a proteger el medio ambiente, facilite recuperar mayores grados de autonomía alimenticia y tecnológica, y apoye la conservación y mejoramiento del patrimonio genético de México. De lo contrario se profundizarán la dependencia económica del país y las carencias de las mayorías.

CITAS:

[\*] Departamento de Sociología UAM-AZCAPOZALCO.

[1] Las hormonas de crecimiento (somatotropinas o B.S.T.) y las prolactinas (hormonas que estimulan la producción de leche) permiten incrementar en 40% la producción lechera de las vacas, y reducir los efectos del calor sobre las Holstein en zona tropical, que frenan su producción, crecimiento y reproducción.

[2] Así, CIBA experimenta en campo desde 1986, en Estados Unidos plantas modificadas genéticamente por medio de la introducción de una proteína que elimina los insectos dañinos y no afecta a los útiles; estos experimentos tendrán efectos pronto sobre los cereales, en especial el maíz.

[3] 500 kg. de microorganismos cultivados en fermentación pueden fabricar de 5 a 50 ton. de proteínas en 24 horas, mientras una res de 500 kg. sólo puede producir medio kilo a 1 kg. en este tiempo. G. Arroyo, Chambille, op. cit. p. 41.

[4] "Si México desea seguir exportando al mercado estadounidense, tendrá que modificar sus técnicas de cultivo ya que de otra manera sus productos no serán competitivos ni en calidad ni en precios". Manrubio Muñoz, Programa Integración Agricultura-Industria, Chapingo, 1990.

[5] La superficie arbolada de México podría desaparecer en un lapso de 25 a 100 años A.I. Solórzano Mier, op. cit., p. 17-18.

[6] Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y el Trigo.

[7] También en México se ha avanzado en el control biológico de las plagas, que destruyen 28% de la producción agrícola total (8 millones de ton/año) por medio de la liberación de insectos benéficos, y la esterilización de machos de especies dañinas (mosca del mediterráneo, etc.). A.I. Solorzano Mier, op.cit. p. 16.

[8] Existen también programas de domesticación y reproducción de árboles silvestres de alto poder curativo, como el tepezcohuite y el toloache, para fines medicinales.

[9] Hace cinco años, sólo costaba 700 dls./ton. Datos proporcionados por el Dr. Enriquez Rubio, subsecretario de Ganadería, S.A.R.H.

[10] De 1987 a 1989, esta paraestatal ha producido más de 26,000 embriones, en su mayoría transferidos a pequeños y medianos ganaderos o vendidos a particulares. Con esta técnica, el mejoramiento genético del ganado se logra en tres generaciones, mientras que con la inseminación artificial tarda de 15 a 20 años. (Donó LICONSA 163 años de ganado bovino a 300 ganaderos-Excelsior, 20/05/90).

[11] "Los nuevos productos serán absorbidos por los grandes productores tecnificados porque son costosos Además sólo ellos hacen cálculo de costos/beneficios, los chicos no suelen tomar riesgos" (Gladys Hoyos). Sin embargo, serían muy útiles para los pequeños ganaderos del trópico, pues parecen aliviar el "estrés" provocado por el calor ambiental en las vacas.

[12] Su costo era sólo 36% superior al de la melaza sencilla: \$ 320,000/ton. contra \$ 230,000/ton en 1989. Entrevista con R. Barajas, gerente de la empresa NUTRIMEL.

[13] Cada tractor desplaza en promedio cinco hombres/año. La mecanización en América Latina sería responsable de 15% del éxodo rural.

[14] Otra consecuencia a largo plazo fue el deterioro ecológico de las tierras, por las fuertes aplicaciones de fertilizantes y plaguicidas, y por la mayor vulnerabilidad de las nuevas semillas a las plagas.

[15] Los bancos de germoplasma existentes están descuidados y no hay una política para valorizar estas semillas (entrevista con R. Quintero).

[16] "El campesino no necesita saber de microbiología para utilizar estas nuevas semillas. La reproducción clonal está a alcance de grupos campesinos organizados" Dr. R. Madrigal. Asimismo, "existen técnicas suaves y baratas, como el ensilado enriquecido, los biofertilizantes y el cultivo de tejidos, al alcance de grupos campesinos con cierta asistencia técnica e inversión". (G. Hoyos, entrevista)

[17] "La biotecnología agrícola que se hace en México está destinada a los productores capitalistas porque incluso productos sencillos como el Biofermel exigen conocimientos en bioquímica y fermentación para fabricarlos, que no tienen los campesinos". (G. Viniegra, entrevista)

[18] "La introducción de la biotecnología no sólo afecta al sector campesino, sino aún al sector moderno y exportador". G. Arroyo, Chambille, op.cit. p. 52.

[19] Como lo intentó la paraestatal AZUCAR, S.A., vía un convenio con un centro de investigación público.

[20] "Las tecnologías casi milagrosas como la biotecnología, que son altamente productivas (...), no resolverán los problemas socio-económicos fundamentales, en particular su interacción con los aspectos biológicos. El objetivo básico es aumentar la productividad de los sistemas agrícolas, especialmente los de las familias pobres, por ello debe lograrse garantizar simultáneamente una producción segura sin daños ecológicos y una distribución equitativa entre familias, aldeas y naciones". Gordon Conway, Ceres, Mayo/junio 1988, F.A.O.

#### BIBLIOGRAFIA:

Arroyo, Gonzalo. (1986) El desarrollo de la biotecnología: desafíos para la agricultura mexicana. U.A.M-Xochimilco, Breviario de Investigación No. 1.

Arroyo, Gonzalo. (1986) "La biotecnología y el análisis de las cadenas o sistemas agroalimentarios", en Economía: Teoría y Práctica, # 9, diciembre, UAM.

Arroyo, Gonzalo., K Chambille, G. Escudero et al. (1989) La biotecnología y el problema alimentario en México. Plaza y Valdés/UAM-Xochimilco.

Bettelheim, Charles. (1978) Questions sur la Chine apres la mort de Mao Tse Tung. París, Maspero.

Cassen, Bernard. (1989) "Esta gigantesca mutación técnica" en Le monde Diplomatique en español, junio.

Cepal, (1989) Reestructuración industrial y cambio tecnológico: consecuencias para América Latina. Estudios e informes de la CEPAL No. 74.

Cleaver, Harry, (1972) "Las contradicciones de la Revolución Verde", Investigación Económica No. 125, enero, Facultad de Economía, UNAM.

Correa C., M. (1989) "Biotecnología: el surgimiento de la industria y el control de la innovación", en Comercio Exterior, Vol. 39, No. II, febrero.

Chauvet M. y Cervantes E. (1989) "La relación agricultura/industria frente a la tercera revolución tecnológica", 80. seminario de Economía agrícola del Tercer Mundo, Instit. de Investig. Económicas, UNAM (mimeo), enero.

Chesnais, Francois. (1990) "La biotecnología y la exportación de productos agrícolas de los países en desarrollo" en Comercio Exterior, Vol. 40, No. 3, marzo.

Delgado Wise, Raúl. (1989) El derrocamiento de la renta petrolera. Univ. de Zacatecas, U.A.M. ("ancien regime").

Development Dialogue, "The laws of life, another development and the biotechnologies", No. I/2, Fundación Dag. Hammarskjöld.

Druker, Peter. (1987) "La nueva economía mundial". Contextos No.76, Secret. de Programación y Presupuesto, México.

Gómez, Héctor. (3/1990) "El revuelo de la ingeniería genética. El Topodrilo No. 10, U.A.M.-Iztapalapa, marzo.

Green, Raúl. (1990) "La evolución de la economía internacional y la estrategia de las transnacionales alimentarias", en Comercio Exterior, febrero, Vol. 40, No. 2. México.

Hobbelink, Henk. (1988) La biotechnologie el l'agriculture du tiers monde, CETIM. equilibres, Geneve, Suiza.

Horwitch, M. (1982) Les multinationales de la biotechnologie en Coloquio Les multinationales en mutation, París X, Nanterre.

Kenney M., Buttell F. (1988) "Biotechnology: prospects and dilemmas for Third World Development", en Development and Change, SAGE, Londres. Vol. 16.

Kato, Luis. (1988) "La nueva bioindustria" en Análisis económico, enero, No. 12/13, vol. III, México, UAM-Azcapotzalco.

Kloppenburg, J. Kleiman, Daniel y Otero, Gerardo. (1988) "La biotecnología en Estados Unidos y el Tercer Mundo" en Revista Mexicana de Sociología, enero-marzo), año L, No. 1. México.

La Lettre de Solagrál, "Biotechnologie et agriculture: revolution du 3er. type" No. 85, octubre, París.

Marx, Karl. (1964) Misère de la philosophie, París. Ed. 10/18.

Massieu, Yolanda. (1989) Perfil técnico del profesionista agropecuario y mercado de trabajo en al agricultura de los 80's, I Foro sobre docencia e investigación económica en el área agropecuaria, México: UNAM, Fac. de Economía.

Massieu, Yolanda. (1990) "Crisis agropecuaria, neo-liberalismo y biotecnología", en esta misma publicación.

Mata, G. (1988) "Biotecnología: vínculo entre agricultura y ganadería", Rev. Extensión No. 28, julio, Univ. Veracruzana.

Quintero, Rodolfo. (1989) "La biotecnología en la potencialización agrícola". Rev. Extensión, enero/marzo, No. 30, Universidad Veracruzana.

Quintero, Rodolfo. (1986) "Agricultura y cambio tecnológico: desarrollo y dependencia" 6o. Seminario de Economía Agrícola del Tercer Mundo, Instit. de Investig. Eco. UNAM.

Quintero, Rodolfo. (s/f) La biotecnología y el sector agropecuario: hacia nuevas fronteras. en I. Ciclo de Conferencias Sobre Microbiología Pecuaria, Chapingo.

Rodríguez, Dinah y Torres, F. (1987) "La biotecnología, nueva vía de producción alimentaria". México, UNAM, Inst. de Invest. Económicas (mimeo).

Rodríguez, Dinah (1988) "Biotecnología y producción alimentaria", Problemas del desarrollo, No. 76, julio-sep. México, Inst. de Invest. Económicas, UNAM.

Roussos, Sebastien. Hannibal y Viniegra. (1989) Biotransformations dans le régions tropicales, México. ORSTOM.

Roussos, Sebastien. S. Viniegra G., Tapia, Gutiérrez, Herrera Saldaña. Pulpa de Café Fermentada; su uso como aditivo en los alimentos de rumiantes, México: ORSTOM, s.f.

Saint Aubin, M. de. (1986) "Un secteur de pointe", in La planete alimentaire. Musée des sciences et des techniques, La Villette, París.

Salles, Vania. (1990) "Brasil: el campo se transforma", en esta misma publicación.

Solorzano Mier, A.I. (1989) "La biotecnología y algunos de sus impactos en el sector de actividades primarias", en Memorias del Taller: la apropiación de tecnologías para el desarrollo rural: mito, experiencia y realidad, Pátzcuaro, junio. Estudios Rurales y Asesoría.

Sorj, B. y Silkinson. (1985) "La technologie alimentaire moderne: vers une industrialisation de la nature" en Revue Internationale des Sciences Sociales, No. 105, París, UNESCO.

Vega, F. E. y Trujillo, J. Arriaga. (1989) "Biotecnología agrícola, espejo de la Revolución Verde", en Comercio Exterior, vol. 39, No. 2, noviembre.

Vergopoulos, K. (1985) La fin de l'agroalimentaire ou l'émergence de la biotechnologie". Revue Internationale des Sciences Sociales No. 105, París, UNESCO.

Vuskovic, Pedro. (1990) América Latina: la crisis de la desigualdad. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidades, UNAM, (mimeo).

Van Der Fluïjm, Th. (1983) "Energía versus alimentos? El programa de etanol en Brasil" en Comercio Exterior, Vol. 33, No. 5, mayo.

Entrevistas

Barajas, Rubén. Gerente de la empresa NUTRIMEL, Cotija, Mich.

Herrera, Rolando. Centro de Ganadería, Colegio de Postgraduados, Chapingo.

Hoyos Gladys, Gerente de la empresa de probióticos APLIGEN, México, D.F.

Jewell, David. Programa de investigación biotecnológica sobre maíz, Centro Internacional de Mejoramiento del Maíz y del Trigo (CIMMYT).

Madrigal, Remigio. Jefe del Laboratorio de Cultivos Vegetales, Depto. de Fitotecnia de Chapingo.

Quintero, Rodolfo. Centro de Investigaciones sobre Ingeniería Genética y Biotecnología, UNAM.

Roussos, Sebastien. ORSTOM de Francia y Depto. de Biotecnología de la UAM-Iztapalapa.

Viniegra, Gustavo. Jefe del Departamento de Biotecnología de la UAM-Iztapalapa.